

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektrotechniky**

**Správa provozní dokumentace elektrických stanic  
v oblasti distribuce přenosu elektrické energie**

**Administration the operating documentation of  
power stations in the area of power transmission  
distribution**

**2019**

**Bc. Jan Hyrák**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektrotechniky

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Jan Hyrák**

Studijní program:

N2661 Projektování elektrických systémů a technologií

Téma:

Správa provozní dokumentace elektrických stanic v oblasti distribuce  
přenosu elektrické energie  
Administration the operating documentation of power stations in the area  
of power transmission distribution

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je seznámení se s problematikou správy provozní dokumentace u provozovatelů elektrických stanic pro přenos a distribuci elektrické energie. Následně pak navrhnout nový stupeň projektové dokumentace, který bude zjednodušovat proces správy dokumentů.

1. Definujte typy elektrických stanic pro přenos a distribuci elektrické energie v České republice.
2. Popište problematiku a porovnejte současné požadavky jednotlivých distributorů elektrické energie. Specifikujte, jaké nároky jsou kladeny na správu projektové dokumentace.
3. Navrhněte nový stupeň projektové dokumentace v souladu s ČSN EN 61936-1 a definujte předpisy k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Zpracujte pilotní projekt, pro reálné využití provozní dokumentace na elektrické stanici.
4. Proveďte zhodnocení současných možností projekčních systémů, popište přínosy vašeho řešení a naznačte možné budoucí trendy.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Janíček, F.; Arnold, A.; Šedivý, J. a kolektiv: Elektrické stanice, STU 2012
- [2] Pauza, J.: Silnoproudá rozvodná zařízení v průmyslu. SNTL 1974
- [3] Krychtálek, Z., Pauza, J.: Elektrické stanice, SNTL 1989, ISBN 80-03-00075-0.
- [4] Technodat Elektro, s.r.o, <https://www.technodat.cz>

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Mlčák, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019

  
doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.  
vedoucí katedry

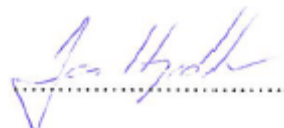


  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě, dne 30. 4 .2019



Bc. Jan Hyrák

## Poděkování:

Touto cestou bych rád poděkoval mému současnému zaměstnavateli Technodat Elektro, s.r.o. který mi umožnil zpracovat diplomovou práci. Díky tomu jsem mohl uplatnit, a hlavně zdokonalit své znalosti nabitě po dobu mého bakalářského a inženýrského studia. Jmenovitý dík patří mému současnému kolegovi Ing. Josefu Fritschkovi, za jeho odborný přístup, věcné připomínkoví a konzultace při zpracování mé práce.

Další dík patří mému vedoucímu Ing. Tomáši Mlčákovi Ph.D. za pomoc a užitečné rady, které mi během vypracování diplomové práce poskytoval.

## Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou správy projektové dokumentace na elektrických stanicích, se kterou se potýkají distributoři elektrické energie v České republice. V první části je teoreticky rozebráno zařazení jednotlivých elektrických stanic do elektrizační soustavy, sloužící k přenosu a distribuci elektrické energie. Dále jsou zde porovnány nároky jednotlivých distributorů, které mají nastaveny pro tvorbu projektové dokumentace. Pro snížení uvedené problematiky je zde navrhnout nový stupeň projektové dokumentace, který je následně zakomponován do zpracovaného pilotního projektu. V závěru jsou uvedeny možnosti současných projekčních systémů a zhodnocení přínosů, které diplomová práce obsahuje.

## Klíčová slova

Elektrizační soustava, přenosová soustava, distribuční soustava, elektrická stanice, projektová dokumentace, provozní dokumentace, norma, vlastní spotřeba

## **Abstract**

This thesis deals with the issue of project documentation management at electric stations, which is being dealt with by electricity distributors in the Czech Republic. The first part contains a theoretical analysis of the classification of individual electric stations into the electrical grid, used for the transmission and distribution of electricity. Furthermore, the requirements of individual distributors, which are set for the creation of project documentation, are also compared. To reduce the aforementioned issue, a new level of project documentation is proposed and subsequently incorporated into the pilot project. At the end of the thesis, there are presented possibilities of current designing systems and evaluation of benefits which the thesis contains.

## **Key Words**

Electrical grid, transmission system, distribution system, electrical station, project documentation, operating documentation, norm, self-consumption

# Obsah

<b>Seznam použitých symbolů a zkratk</b>	9
<b>Seznam ilustrací a seznam tabulek</b>	11
1 Úvod	12
2 Zařazení elektrických stanic do elektrizační soustavy	13
2.1 Elektrizační soustava	13
2.1.1 Výroba elektrické energie v ČR	14
2.2 Přenosová soustava	14
2.3 Distribuční soustava	16
2.4 Průmyslové sítě	17
2.5 Trakční soustava	17
2.6 Hlavní části elektrických stanic	18
2.6.1 Hlavní části transformovny	18
2.6.2 Rozvodná zařízení	19
2.6.3 Transformátory	19
2.6.4 Přípojnice	20
2.6.5 Ostatní části elektrických stanic	21
2.7 Elektrické stanice	21
2.7.1 Transformovny	24
2.7.2 Měničky	24
2.7.3 Spínací stanice	25
2.7.4 Kompenzační stanice	25
3 Problematika a současné požadavky na projektovou dokumentaci	26
3.1 Obecné požadavky na dokumentaci	26
3.2 Stupně projektové dokumentace	26
3.3 Požadavky na tvorbu a správu projektové dokumentace elektrických stanic distributorů elektrické energie v ČR	27
3.3.1 E.ON Distribuce, a.s. PRE distribuce, a.s.	27
3.3.2 ČEZ Distribuce, a.s.	30
3.4 Současný stav v oblasti zpracování a používání PD	32
4 Návrh řešení nového stupně pro projektovou dokumentaci – „Provozní dokumentace“	34
4.1 Úvod do problematiky	34
4.2 Provozní dokumentace	34
4.3 Zpracování pilotního projektu	35
4.3.1 Varianty zpracování provozní dokumentace ES	37

4.3.1.1	Varianta A .....	38
4.3.1.2	Varianta B.....	39
4.3.1.3	Varianta C.....	40
4.3.1.4	Varianta D .....	42
4.3.2	Projednání o výběry varianty zpracování dokumentace.....	43
4.3.3	Zpracování provozní dokumentace .....	44
4.3.4	Rozvaděče střídavé vlastní spotřeby AC.....	46
4.3.4.1	Rozvaděč +ANH1/1 .....	47
4.3.4.2	Rozvaděč +ANH1/2 .....	48
4.3.4.3	Rozvaděč +ANH1/3 .....	49
4.3.4.4	Rozvaděč +ANH1/4 .....	53
4.3.4.5	Rozvaděč +ANH1/5 .....	53
4.3.5	Rozvaděče stejnosměrné vlastní spotřeby DC .....	53
4.3.5.1	Rozvaděč +ATEQ1/1 .....	53
4.3.5.2	Rozvaděč +ATEQ2/1 .....	54
4.3.5.3	Rozvaděč +ANK1/1 .....	54
4.3.6	Komplexní řešení provázanosti dokumentace.....	55
5	Současné možnosti projekčních systémů v oblasti energetiky.....	57
5.1	AutoCAD .....	57
5.2	MicroStation.....	57
5.3	RUPLAN – EVU.....	57
5.4	Engineering Base.....	58
6	Zhodnocení a přínosy pilotního projektu .....	60
	<b>Literatura</b> .....	61
	<b>Přílohy</b> .....	63



## Seznam použitých symbolů a zkratk

AC	Střídavá složka
apod.	A podobně
atd.	A tak dále
AZ	Automatický záskok
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
BSP	Budova společného provozu
CAD	Počítačem podporované projektování
CAE	Počítačem podporované inženýrství
Cu	Měď
ČEPS	ČEPS, s.r.o. – Česká energetická přenosová soustava
ČEZd	ČEZ Distribuce, a.s.
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
DC	Stejnoseměrná složka
DCC	Document Classification Code
DIN	Deutsches Institut für Normung
DPS	Dokumentace o provedení stavby
DS	Distribuční soustava
DSP	Dokumentace pro stavební povolení
DSPS	Dokumentace skutečného provedení stavby
DUR	Dokumentace pro územní rozhodnutí
DZS	Dokumentace pro zadání stavby
EB	Engineering Base
EN	Evropská norma
ES.	Elektrická stanice
GIS	Geografický informační systém
Hz	Hertz
I	Elektrický proud
I/O	Input/Output
IEC	International Electrotechnical Commission
IG-EVU	INTERESSENGEMEINSCHAFT ENERGIEVERTEILUNG
ISO	International Organization for Standardization
k	Převod transformátoru
kA	Kilo ampér
kV	Kilo volt
kVA	Kilo volt ampar
kW	Kilo watt
MHD	Městská hromadná doprava
MN	Malé napětí
MPP	Místní provozní předpisy
MS	Microsoft
MTP	Měřicí transformátor proudu
MW	Mega watt

N	Počet závitů transformátoru
Např	Například
NN	Nízké napětí
Obr.	Obrázek
OPEX	Provozní náklady
PC	Personal computer
PD	Projektová dokumentace
P	Elektrický výkon
PN	Podniková norma
PNE	Podniková norma energetiky
PREdi	Pražská Distribuce, a.s.
PS	Přenosová soustava
RDS	Realizační dokumentace stavby
RIS	Řídicí informační systém
ŘPU	Řád preventivní údržby
SAP	Podnikový informační systém
SEM	Správa energetického majetku
SJZ	Systém jednotného značení
SO	Stavební objekty
STS	Studie stavby
TDE	Technodat Elektro, s.r.o.
TIS	Technický informační systém
TWh	Tera watt hodina
Tzv.	Tak-zvaně
U	Elektrické napětí
UPS	Uninterruptible Power Supply
UVN	Ultra vysoké napětí
V	Volt
VLSP	Vlastní spotřeba
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí
Z	Impedance
Zejm.	Zejména
ZVN	Zvláště vysoké napětí
<i>B</i>	Řecké písmeno Beta
$\Delta U$	Delta U – rozdíl napětí
$\gamma$	Řecké písmeno Gama

## Seznam ilustrací a seznam tabulek

### Seznam obrázků

Obr. 2.1: Znázornění elektrizační soustavy .....	14
Obr. 2.2: Přenosová soustava České republiky .....	15
Obr. 2.3: Rozdělení území ČR pro jednotlivé provozovatele DS .....	16
Obr. 2.4: Vazby jednotlivých vlivů na elektrickou stanici .....	23
Obr. 2.5: Zobrazení elektrické stanice jako pod systému .....	23
Obr. 4.1: Zjednodušený graf ekonomického hlediska digitalizace provozní dokumentace ES .....	36
Obr. 4.2: Základní sestava modulů a princip funkce sw nástroje Geoportál .....	37
Obr. 4.3: Struktura SAP/EB .....	39
Obr. 4.4: Struktura SAP/EB se zobrazením importovaných dat .....	40
Obr. 4.5: Grafické znázornění propojení mezi prvky/dokumenty na ČEZd.....	41
Obr. 4.6: Datový popis objektu .....	41
Obr. 4.7: Strukturování a řazení PD dle ČSN EN 61355 .....	42
Obr. 4.8: Strukturování a řazení PD dle ČSN EN 61355 – schéma zapojení pole R200 kV ....	42
Obr. 4.9: Graf ekonomického pohledu na snížení provozních nákladů OPEX .....	43
Obr. 4.10: Pohled na místnost VLSP a trafo-kobky .....	46
Obr. 4.11: Zpracování dispozice rozvaděče +ANH1/1 .....	48
Obr. 4.12: Zpracování dispozice rozvaděče +ANH1/2 .....	49
Obr. 4.13: Popis digitálních vstupů Siemens LOGO! .....	50
Obr. 4.14: Napájení jednotlivých modulů automatizačního systému LOGO! .....	51
Obr. 4.15: Napájení jednotlivých karet automatizačního systému MSC .....	52
Obr. 4.16: Zpracování dispozice rozvaděče +ANH1/3 .....	52
Obr. 4.17: Zpracování dispozice rozvaděče +ATEQ1/1 .....	54
Obr. 4.18: Zpracování dispozice rozvaděče +ANK1/1 .....	55
Obr. 4.19: Provázanost provozní dokumentace.....	56

### Seznam tabulek

Tab. 1: Napěťové hladiny .....	12
Tab. 2: Výkony měření pro různé výroby .....	23
Tab. 3: Písmena označující napěťovou úroveň rozvodného zařízení .....	27
Tab. 4: Příklad označení funkčního celku .....	28
Tab. 5: Příklad napěťových úrovní pro ES .....	28
Tab. 6: Příklad bližšího rozdělení zařízení ES .....	28
Tab. 7: Příklad referenčního označení funkčního celku .....	28
Tab. 8: Princip označení dokumentu dle ČSN EN 61355 .....	29
Tab. 9: Příklad označování dokumentů .....	46

# 1 Úvod

Každá elektrická stanice, která je zařazena v elektrizační soustavě musí disponovat vlastní provozní dokumentací, která by v případě servisních nebo poruchových stavech stanice, byla vždy v aktuálním stavu, a pokud možno, tak i kompletní a uživatelsky přívětivá. Ovšem díky kumulujícím se změnám na stanicích, dochází také v dokumentaci k velkému množství změn. V důsledku toho je na provozovatele zařízení, který tuto dokumentaci spravuje, kladen určitý tlak.

Aby dokumentace byla správně zhotovena, je třeba, aby se zpracovatel dokumentace řídil technickými podmínkami, vydanými jednotlivými distributory, stanovující pevně danou strukturu a značení projektové dokumentace. Proto je třeba zvolit i vhodný databázový projekční CAD/CAE systém, díky kterému je jednodušší tyto podmínky splňovat. V opačném případě se dokumentace stává náchylnou na tvorbu chyb, způsobenou lidským faktorem.

Cílem diplomové práce bylo seznámit zákazníka ČEZ Distribuce, a.s. který nepatří do skupiny distributorů využívající technologii databázových systémů, s novými možnostmi, které systémy CAD/CAE přinášejí.

Hlavním úkolem bylo navrhnout nový stupeň projektové dokumentace, který by definoval požadavky na provozní dokumentaci a následně jej implementovat do nově vzniklého pilotního projektu zpracovaného pomocí databázového systému Engineering Base. Projekt nabízí uživateli provozní dokumentace určité přínosy v podobě časové úspory při užívání a správě, snížení finančních nákladů, jednotné a přesně definované struktury s možností snadné aktualizace.

## 2 Zařazení elektrických stanic do elektrizační soustavy

### 2.1 Elektrizační soustava

V dnešní moderní době hraje elektrizační soustava velice významnou roli a tím prakticky denně ovlivňuje každého člověka. Je to vzájemně propojený soubor zařízení určený pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny, obsahující elektrické přípojky a přímá vedení, systémy měřicí techniky, ochrannou, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniku. Elektrizační soustava primárně slouží k přenosu a distribuci elektrické energie z místa výroby až do místa spotřeby. Obvykle se skládá ze soustav přenosových a distribučních. [5]

Aby mohla elektrizační soustava vykonávat úlohy, na které je určena, musí tato soustava, i každá její část, plnit nejvhodnějšími způsoby následující požadavky:

- Zabezpečit dostatečnou, spolehlivou a kvalitní dodávku elektrické energie.
- Zabezpečit bezpečnost osob při obsluze a práci na elektrických zařízení.
- Pracovat s vysokou účinností.
- Umožňovat řízení odběru elektrické energie.
- Využívat odpadové teplo.
- Co nejvíce snížit náročnost práce v provozu a údržbě soustavy.
- Umožnit propojení do soustav sousedních států pomocí hraničních vedení.
- Být koncipována tak, aby neměla dopad na životní prostředí. [8]

Přenosové soustavy jsou projektovány na přenos velkých výkonů mezi hlavními uzly elektrizační soustavy. Rozvodné soustavy mají za úkol rozdělit elektrickou energii z napájecího uzlu do jednotlivých skupin, oblasti spotřebičů, případně až k jednotlivým spotřebičům. Distribuční soustavy slouží k napájení oblasti terciální sféry a jsou z ní napájeny průmyslové, zemědělské a dopravní rozvodné sítě. Elektrizační soustavu tvoří jednotlivé sítě, zdroje a elektrické stanice (Obr. 1.1). Elektrické sítě představují souhrn veškerých galvanicky spojených částí stejného napětí. Pro přenos energie se používají různé napěťové hladiny, které jsou podle norem rozděleny takto: [4]

Tab. 1: Napěťové hladiny

Označení	Název	Jmenovité napětí	
		Používaná napětí sdružená	
MN	Malé napětí	12, 24, 48 V	Distribuční soustava
NN	Nízké napětí	400, 500, 1000 V	
VN	Vysoké napětí	6, 12, 22, 35 kV	
VVN	Velmi vysoké napětí	110, 220 kV	Přenosová soustava
UVN	Ultra vysoké napětí	400 kV	
ZVN	Zvláště vysoké napětí	V ČR není	

Jednotlivé hladiny napěťových a proudových soustav jsou od sebe odděleny transformátory nebo měnícími. Pro zvýšení spolehlivosti dodávky elektrické energie, se tyto sítě často používají v různých kombinacích podle typu rozvodů.

- paprskové,
- průběžné,
- okružní,
- mřížové (uzlové).<sup>[11]</sup>

Největším provozovatelem přenosové soustavy v ČR je společnost ČEPS, a.s. Tato společnost na našem území spravuje, obnovuje a rozvíjí 42 rozvodnů se 75 transformátory, které převádí elektrickou energii z přenosové na distribuční, a trasy vedení.<sup>[1]</sup>



Obr. 2.1: Znárodnění elektrizační soustavy<sup>[1]</sup>

### 2.1.1 Výroba elektrické energie v ČR

Velkou součástí elektrizační soustavy jsou elektrárny a teplárny, které slouží k výrobě elektrické energie. V České republice se většina elektřiny vyrábí v tepelných a jaderných elektrárnách, které mají téměř 76% podíl na celkové výrobě. Dále pak jsou na našem území elektrárny využívající obnovitelné zdroje, jako jsou např. elektrárny sluneční, vodní, větrné, geotermální a elektrárny na spalování biopaliv. Každý rok se v ČR vyrobí přibližně 90 TWh elektrické energie a instalovaný výkon elektráren se pohybuje okolo 20 GW.<sup>[20]</sup>

## 2.2 Přenosová soustava

Elektrická energie se v ČR přenáší pomocí těchto napětových soustav:

- 3 ~ 50 Hz 400 kV,
- 3 ~ 50 Hz 220 kV,
- 3 ~ 50 Hz 110 kV.

Přenosové soustavy (dále jen „PS“) jsou tvořeny venkovním vedením. Optimální výkon přenášený vedením je tzv. přirozený výkon, při kterém se vyrovnávají indukční a kapacitní ztráty, takže se vedení samo kompenzuje a dochází tak k nejpriznivějšímu provoznímu stavu, kdy jsou ztráty tvořeny pouze činným odporem vedení. To znamená, že při ideálním vedení s nulovým odporem, by napětí na konci vedení bylo stejně velké jako na jeho začátku.<sup>[8]</sup>

Tato vedení pracují s již zmíněným jmenovitým napětím o hodnotě několik tisíc voltů a přenáší výkony v řádech stovek MW, což znamená značný proud tekoucí tímto vedením. Díky tomu musí mít toto vedení velké průřezy a musí být mechanicky odolné, proti působení velkých magnetických sil. Na činném odporu vedení pak vznikají úbytky napětí, které jsou přímo úměrné

protékajícímu elektrickému proudu a při přenosu na velké vzdálenosti by představovaly velké ztráty přenášeného výkonu, úměrné druhé mocnině proudu.

$$P_Z = Z \cdot I^2 \quad (1.1)$$

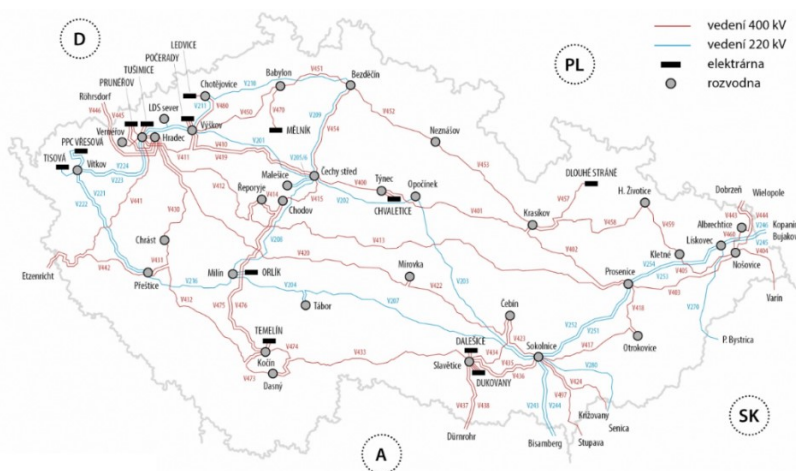
$P_Z$  – Ztrátový výkon [W]

$Z$  – Impedance vedení [ $\Omega$ ]

$I$  – Elektrický proud [A]

Snížení přenosových ztrát je možné dosáhnout několika způsoby. První z nich je snížení impedance přenosového vedení. Impedanci lze snížit tím, že vedení nebude instalováno na velké vzdálenosti. Případně lze zvýšit průřez vedení, či zvolit vhodný materiál jako je například měď, která by mohla nahradit běžně používaný hliník. Toto řešení by ovšem bylo velmi nákladné, a proto se jako další možnost, pro snížení přenosových ztrát, volí snižování protékajícího proudu. Toho lze dosáhnout zvýšením napětí při konstantním přeneseném výkonu. Zdroje elektrické energie (elektrárny) nevyrábí napětí v tak velkých napěťových hladinách a bývají připojovány na vedení 220 kV, případně na 110 kV. Proto jsou do přenosových soustav zařazovány zvyšovací transformátory, které přetransformují napětí na přenosovou hodnotu 400 kV. Pro nejefektivnější a finančně nejprívětivější přenos se tedy volí tato možnost, kdy ztráty v přenosové soustavě omezíme zvýšením napětí. Při použití VVN/ZVN můžou vznikat technické problémy s konstrukcí izolátorů, spínacích prvků, odpojovacích prvků a dalších součástí přenosové soustavy. [19]

Uzly přenosové soustavy jsou tvořeny, elektrickými stanicemi, které mají za úkol spínat různé větve soustavy a obvykle se v té samé větvi transformuje elektrická energie na jinou napěťovou hladinu. Z těchto stanic se obvykle napájí distribuční soustavy. V PS jsou všechna vedení 400 a 220 kV propojeny, tzn. jedná se o okružní propojení, ve kterém se všechny prvky vzájemně ovlivňují. Při vypnutí vedení nebo transformátorů, jsou zátěže převzaty ostatními prvky soustavy, které zůstávají dále v provozu. [15]



Obr. 2.2: Přenosová soustava České republiky [1]

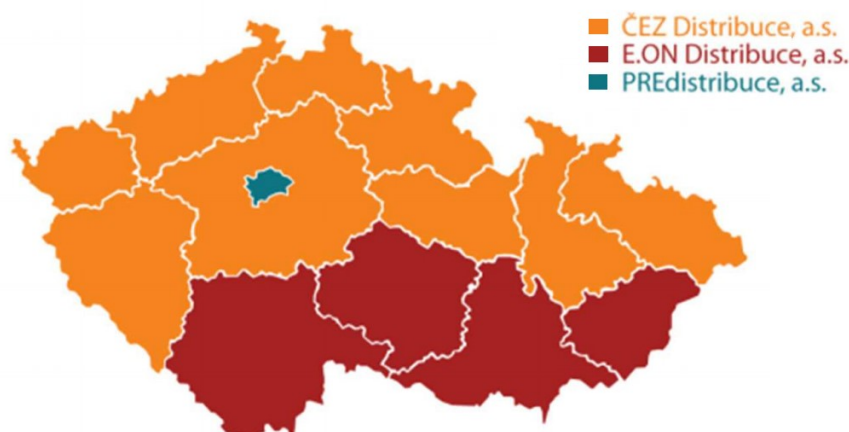
## 2.3 Distribuční soustava

Elektrická distribuční soustava (dále jen „DS“) je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení o různých napěťových hladinách (viz. Tab. č. 1), spolu s měřicími, ochrannými, řídicími a informačními prvky. Cílem této soustavy je zajištění rozvodu elektrické energie z přenosové soustavy k jednotlivým koncovým uživatelům. Díky tomu jsou na distribuci elektrické energie kladeny vysoké nároky, protože uživatel jakožto koncový zákazník je v dnešní době na kvalitní dodávce elektřiny velmi závislý. Snahou distributora je tedy předcházet různým potížím. <sup>[5]</sup>

Z hlediska elektrizační soustavy, je ČR rozdělena do několika oblastí, kde pro každou oblast působí jiný provozovatel, který musí vlastnit licenci k provozu DS. Na našem území působí tři hlavní dodavatelé:

- ČEZ Distribuce a.s.,
- E.ON Distribuce a.s.,
- PRE Distribuce a.s.

Všichni dodavatelé jsou vázáni povinností dodržovat všechny požadované parametry, včetně bezpečnostních podmínek provozu sítě dle Energetického zákona č. 485/2000 Sb. a dalších souvisejících nařízení a vyhlášek.



Obr. 2.3: Rozdělení území ČR pro jednotlivé provozovatele DS <sup>[18]</sup>

V České republice je DS tvořena sítěmi 110 kV a všech nižších napěťových úrovní. Výkony jsou přenášeny na kratší vzdálenosti a můžou k ní být připojeny elektrárny nižších výkonů (desítky MW). Hlavním rozdílem oproti přenosové soustavě, je kromě velikosti napětí také zapojení obou sítí. Distribuční soustavu tvoří vzájemně nepropojené oblasti, které jsou napájeny z PS jedním nebo více paralelně zapojenými transformátory. Tyto oblasti se svým zapojením vzájemně neovlivňují.

Sítě 110 kV jsou napájeny z PS 400 kV, případně 220 kV a jsou převážně vedeny pomocí nadzemního vedení. V případě průmyslových nebo městských částech jsou využívány kabelová vedení. Napětí 110 kV na tomto vedení, je pomocí transformátorů 110/22 kV v transformačních elektrických stanicích snižováno na hodnotu 22 kV, které následně zásobuje distribuční rozvodné síť. Na tyto síť jsou připojeni největší spotřebitelé elektrické energie, kterými jsou průmyslové podniky. Dále pak velká společenská zařízení (obchodní domy, divadla apod.), velké stavby aj. Ostatní běžní



spotřebitelé jsou napojeni na vedení 0,4 kV, které je docíleno pomocí dalších transformačních stanic 22/0,4 kV. <sup>[7] [15]</sup>

## 2.4 Průmyslové sítě

Průmyslové závody jsou v ČR napájeny z distribuční sítě a jsou největšími spotřebiteli elektrické energie, kteří v současné době odebírají cca 70% vyrobené elektřiny. Velikost vstupního napětí na přípojnice závodu závisí na velikosti odebíraného elektrického výkonu a požadovaném stupni zajištění jeho dodávky a stanovuje se po dohodě s příslušným energetickým podnikem. Průmyslové závody lze rozdělit podle příkonu do tří skupin.

- Malé průmyslové podniky – příkon pod 15 MW – připojení na veřejnou rozvodnou síť.
- Střední průmyslové závody – příkon 15–50 MW – připojení na VN síť 110 kV.
- Velké průmyslové závody – příkon na 50 MW – připojení na VN síť 110, 220 kV. <sup>[7]</sup>

Elektrická energie se přivádí z distribuční soustavy pomocí venkovního vedení nebo kabelu do tzv. vstupní stanice (transformovny) průmyslového závodu, kde se odebíraná energie měří. Z této stanice se vedení dále rozvádí pomocí napájecích rozvodů, kterými jsou napájeny jednotlivé provozní části závodu (rozvodny nebo rozvaděče). Pro správné plnění funkce průmyslového elektrického rozvodu je třeba zvolit správnou konfiguraci. Další částí jsou jištěné přívody k jednotlivým spotřebičům. Největším zástupcem spotřebičů v průmyslu jsou bezesporu asynchronní motory. Jsou to spotřebiče induktivního charakteru a zatěžují rozvod jalovým proudem. Proto je potřeba zrealizovat určité opatření v podobě kompenzačního jednotek/stanic tak, aby rozvody byly co nejhospodárnější. <sup>[11]</sup>

## 2.5 Trakční soustava

Trakční soustava je soubor technických zařízení, které slouží k přenosu elektrické energie ze stabilní distribuční soustavy 110 kV do drážních vozidel. Mezi tyto zařízení patří trakční vedení, napájené z trakčních napájecích stanic. Můžeme ji rozdělit podle napájecí soustavy: <sup>[21]</sup>

- Stejnosměrné
  - 250 V – hlubinné doly,
  - 600 V – MHD: tramvaje,
  - 750 V – MHD: metra, trolejbusy,
  - 1500 V – vedlejší dráhy: průmyslové,
  - 3000 V – hlavní dráhy v ČR.
- Střídavé
  - 25 kV, 50 Hz – hlavní dráhy v ČR,
  - 15 kV, 16,7 Hz – hlavní dráhy u státních hranic s Rakouskem.

Při provozování trakční soustavy je důležité dodržovat kvalitní dodávku elektrické energie:

Pro stejnosměrnou trakční soustavu je dovolená odchylka napětí:

$$\Delta U = 1,2 \cdot U_N \quad (2.2)$$

$$\Delta U = 0,8 \cdot U_N \quad (2.3)$$

Pro střídavou trakční soustavu je dovolená odchylka napětí:

$$\Delta U = 1,1 \cdot U_N \quad (2.4)$$

$$\Delta U = 0,8 \cdot U_N \quad (2.5)$$

$\Delta U$  – odchylka napětí

$U_N$  – jmenovité napětí soustavy

## 2.6 Hlavní části elektrických stanic

### 2.6.1 Hlavní části transformovny

Transformovny mají stejně jako ostatní elektrické stanice stavební a technologickou část. Technologická část transformovny se skládá z:

1. Hlavních silových zařízení, obsahující:
  - a. Rozvodná zařízení na vstupní a výstupní straně hlavních transformátorů.
  - b. Hlavní silové transformátory.
  - c. Zařízení na kompenzaci účinníku.
  - d. Zařízení na kompenzaci zemních proudů.
  - e. Spojovací vedení.
2. Řídicího informačního systému (RIS), obsahující:
  - a. Zařízení na řízení provozu elektrické stanice včetně dispečerských komunikačních zařízení, hromadného dálkového řízení, vysokofrekvenčního a nízkofrekvenčního přenosu informací apod.
  - b. Zařízení pro jištění proti přetížení a zkratům.
  - c. Zařízení pro jištění proti přepětí.
  - d. Zařízení proti chybné manipulaci.
  - e. Zařízení pro zajištění bezpečnosti obsluhy, zařízení a okolí stanice včetně pracovního a ochranného území.
3. Společných zařízení, obsahující:
  - a. Zařízení vlastní spotřeby stanice.
  - b. Zdroji a rozvody pro vlastní spotřebu.
  - c. Nouzovými zdroji elektrické energie (UPS).
  - d. Zařízení na výrobu a rozvod stlačeného vzduchu.
  - e. Rozvody pro osvětlení, větrání a zásuvkových okruhů.
4. Pomocných zařízení, představovaných vybavením skladů, garáží, revizních věží, olejových hospodářství, dílen, požárních zbrojnic, laboratoří apod.
5. Ochranných a pracovních pomůcek.

Všechny transformovny nemusí být nutně vybaveny všemi uvedenými částmi a zařízeními. Rozsah těchto řídicích a zabezpečovacích zařízení je dán především velikostí, důležitostí a požadovanými funkcemi elektrické stanice. <sup>[7]</sup>

### 2.6.2 Rozvodná zařízení

Účelem rozvodných zařízení je rozvádět přivedenou elektrickou energii do vícero větví. Rozvodná zařízení tvoří uzly rozvodných sítí, do kterých se vedením přivádí a následně odvádí elektrická energie podle okamžitého stavu spínacích přístrojů. Musí být řešena tak, aby s ostatními prvky rozvodného systému tvořila funkčně harmonický celek a umožňovala tak všechny provozní i nouzové stavy, s nimiž se musí za běžného provozu počítat. Vliv na řešení a vybavení rozvodných stanic má to, zda jsou provozována:

- S trvalou obsluhou.
- Bez obsluhy, ale s trvalým dozorem.
- Bez obsluhy, ale s dálkovým ovládáním.

Hlavními prvky jsou přípojnice, vedoucí podél celého rozvodného zařízení, na které jsou připojovány jednotlivé přívody a vývody. Přívody a vývody jsou vybaveny přístroji, které zajišťují funkci zejm. pro spínání a odpínání vedení, jistění proti nadproudu a přepětí, měření elektrických hodnot a hlášení stavu přístrojů. [7] [8]

### 2.6.3 Transformátory

Transformátory jsou elektrické netočivé stroje sloužící k transformaci elektrické energie jednoho napětí na jiné, tedy slouží ke změně napětí v transformovně.

Transformátor se skládá z primárního, sekundárního vnutí a magnetického obvodu. Primární vinutí převádí elektrickou energii na magnetickou. Procházejícím proudem se vytváří magnetický tok  $\Phi$ , který je veden magnetickým obvodem k sekundární cívce. Průchodem  $\Phi$  se v sekundární cívce indukuje elektrické napětí. Indukované napětí  $U_{\text{ind}}$  je závislé na velikosti kmitočtu primárního napětí  $f$  a maximální hodnotě magnetického toku  $\Phi_m$ . V ideálním případě, lze poměr indukovaných napětí na transformátoru popsat takto: [17]

$$k = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} \quad (2.6)$$

$k$  převod transformátoru

$N_1, N_2$  počty závitů primárního (1) a sekundárního (2) vinutí

$U_1, U_2$  napětí na primární (1) a sekundární (2) straně transformátoru

$I_1, I_2$  proud procházející primární (1) a sekundární (2) stranou transformátoru

Z tohoto vztahu pro ideální transformátor vyplývá, že velikost indukovaných napětí jsou přímo úměrné počtům závitů jednotlivých vinutí a odpovídají poměru napětí  $U_1$  a  $U_2$  na svorkách transformátoru. Při  $k > 1$  jde o zvyšovací transformátor a při  $k < 1$  jde o transformátor snižující. [17]

Na určení výkonu hlavních transformátorů v transformovnách je potřeba brát do úvahy tyto požadavky:

- Výpočetní zatížení transformátorů.
- Požadovaný stupeň důležitosti dodávky elektrické energie (záloha).

- Přijatelné odchylky napětí za transformátorem.
- Přijatelné zkratové proudy za transformátorem.
- Nízké investiční náklady. [7]

Výpočtové zatížení  $P_P$  transformátorů pro průmyslový odběr se určí podle vztahu:

$$P_P = \beta \cdot \sum P_i \text{ (kW, ---, kW)} \quad (2.7)$$

$\sum P_i$  součet instalovaných výkonů spotřebičů

$\beta$  činitel náročnosti, obvyklý pro určité průmyslové odvětví, eventuálně určitou provozovnu nebo skupinu spotřebičů

$$P_P = \gamma \cdot \sum P_i \text{ (kW, ---, kW)} \quad (2.8)$$

Podobně se určí výpočtové zatížení pro veřejné distribuční soustavy použitím podobného vztahu:

$\sum P_i$  součet instalovaných výkonů spotřebičů

$\gamma$  činitel současnosti

Jako další typy transformátorů, se v elektrických stanicích používají autotransformátory a měřicí přístrojové transformátory MTP.

**Autotransformátory** mají pouze jedno vinutí, jehož část je společná pro primární i sekundární obvod. Proto se tento transformátor nesmí použít k oddělení obvodu mezi vysokým a nízkým napětím. Nejčastěji se používají jako regulační k řízení velikosti napětí, a to jako snižovací nebo zvyšovací v jednofázovém i trojfázovém provedení.

**Měřicí přístrojové transformátory** patří pod příslušenství měřicích přístrojů a jejich úkolem je převádět velká střídavá napětí nebo proudy na hodnoty, vhodné pro měřicí přístroje, při současném galvanickém oddělení obvodu od měřicího přístroje od měřeného obvodu. Základní typy MPT jsou:

- Měřicí transformátory napětí.
- Měřicí transformátory proudu. [17]

#### 2.6.4 Přípojnice

Přípojnice tvoří základ rozvodných zařízení. Jsou na ně připojeny přívody a vývody elektrické energie procházející napříč elektrickou stanicí. Porucha na přípojnici vždy znamená vyřazení zařízení nebo jeho části z provozního stavu. Pro zvýšení provozní bezpečnosti se často dělí podélně na úseky nebo se používá několik systému přípojníc:

- Jednoduchý systém přípojníc.
- Dvojitý systém přípojníc.
- Trojitý systém přípojníc.

Pro VN a NN zařízení se přípojnice provádí jako holé ploché nebo profilové tyče z hliníku Al nebo mědi Cu. Ve VVN se dnes používají trubkové vodiče. Průřezy a vzdálenosti jednotlivých fázových vodičů jsou dány zatěžovacím napětím a proudem jak za běžného provozu, tak i v poruchovém stavu, kdy dochází k velkému tepelnému i dynamickému namáhání, které je způsobeno zkratovým proudem. Pro případ velkého proudového zatížení, se používají paralelní ploché tyče zpevněné rozpěrkami. <sup>[11]</sup>

### 2.6.5 Ostatní části elektrických stanic

Hlavní části ostatních elektrických stanic jsou určeny jejich hlavními funkcemi. Pro spínací stanice přicházejí v úvahu pouze rozvodná zařízení. V usměrňovacích stanicích plní hlavní funkci usměrňovače, které jsou napájeny speciálními transformátory. V současné době jsou nejvíce používány polovodičové usměrňovače, a to buď diodové nebo tyristorové. Je důležité mít správně vyřešeno i chlazení těchto usměrňovačů zejm. vodou nebo vzduchem. Tyto usměrňovače bývají umístěny ve skříních a instalují se uvnitř budov. Většinou jsou napájeny olejovými transformátory, umístěnými ve venkovních stanovištích. Pokud je u diodových usměrňovačů potřeba řídit napětí na stejnosměrné straně při měnícím se zatížení, je nutné tyto usměrňovače vybavit na jejich vstupu řídicím transformátorem. Tyristorovými usměrňovači je možné řídit stejnosměrné napájení v celém rozsahu, protože není potřeba jakéhokoli řízení na střídavé straně usměrňovače. Tento způsob řízení však zhoršuje účinnost sítě a vyvolává proudy vyšší harmonické. Díky tomu je zapotřebí tyto harmonické kompenzovat a filtrovat. <sup>[7] [8]</sup>

## 2.7 Elektrické stanice

Elektrické stanice jsou definovány jako ucelená zařízení uzlu elektrizační soustavy a jsou s nimi propojeny sítě různých proudových a napěťových soustav. Díky nim se všechny tyto sítě vzájemně ovlivňují. Primárně slouží k transformaci elektrické energie na jiné napětí, rozvádění elektrické energie téhož napětí, nebo k přeměně elektrické energie o střídavém napětí na energii o stejnosměrném napětí a jejím rozvádění. Umístění stanic v soustavě musí být zvoleno optimálně. Význam každé stanice závisí na tom, ve kterém místě elektrizační soustavy se nachází a jak je do něj začleněná. Největší význam mají uzlové stanice v přenosové soustavě. V těchto významných uzlech musí stanice zaručovat velmi spolehlivou dodávku elektrické energie. Spolehlivost elektrické stanice se projevuje i na ceně její výstavby. Čím větší je kladen důraz na spolehlivost, tím nákladnější se stanice stává. Optimální řešení spolehlivosti dodávky elektrické energie nastane tehdy, kdy se jednotlivé stanice jsou schopny vzájemně zálohovat. Elektrická stanice je tedy správně řešená v případě, kdy splňuje všechny požadavky, které jsou na ni kladeny. Jak již bylo zmíněno, elektrické stanice plní několik funkcí a můžeme je dělit podle jejich účelu. <sup>[7] [11]</sup>

- transformovny,
- spínací stanice,
- měnící,
- kompenzační stanice.

Každá elektrická stanice má jedno nebo více rozvodných zařízení, transformátorová stanoviště s transformátory, popř. stanoviště usměrňovačů a společné zařízení stanic. Společným zařízením se rozumí zejm. stanoviště pro vlastní spotřebu (transformátory vlastní spotřeby, akumulátorové baterie,

rozdávěče AC a DC), zařízení pro výrobu a rozvod stlačeného vzduchu pro ovládání VN a VVN přístrojů, uzemnění, osvětlení, vytápění a větrání.

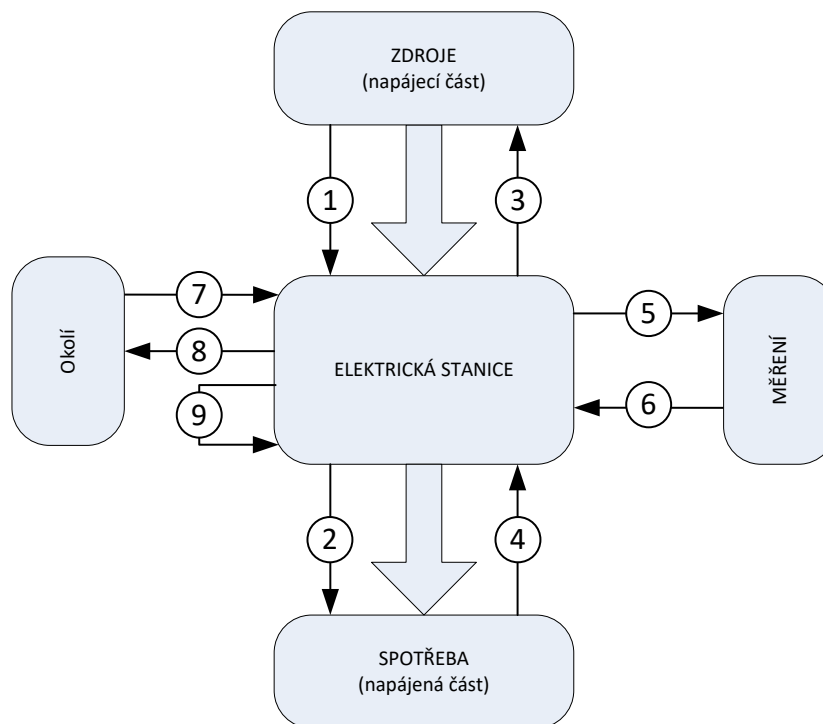
Větší stanice bývají ovládány z jednoho místa – dozorný. Ta obvykle obsahuje tato zařízení:

- ovládání stanice,
- stavová signalizace stavu provozu a jeho poruch,
- měření o ochrany,
- zařízení pro automatizaci,
- dálkové měření,
- dálkové ovládání.

Velikost elektrických stanic je určena jejich začleněním do rozvodného systému. Je dána jmenovitým napětím rozvodných zařízení, počtem odboček, rozvádným výkonem, počtem a výkonem transformátorů příp. usměrňovačů a velikostí rozsahu společných zařízení.

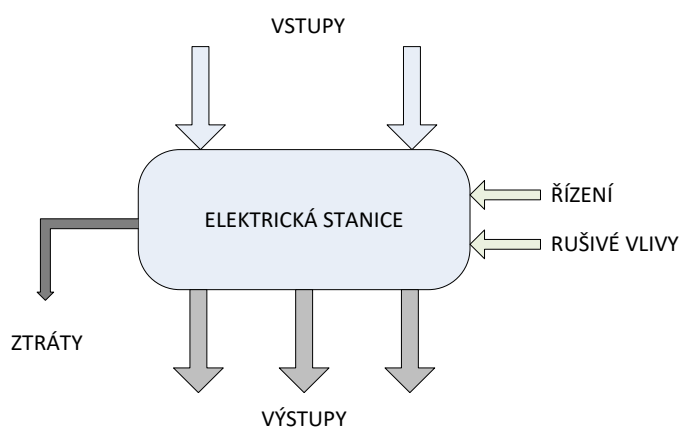
Elektrické stanice v elektrizační soustavě může ovlivňovat několik různých aspektů viz Obr. 2.4.

1. Napájecí síť elektrické stanice: dodávaný výkon, zkratový výkon, kvalita dodávaného napětí, přepětí, spolehlivost, stabilita.
2. Elektrické stanice na napájenou síť: dodávaný výkon, zkratový výkon, kvalita dodávaného napětí, přepětí, spolehlivost, stabilita.
3. Elektrické stanice na napájecí síť: odebírané výkony, účinník, přetížení, zkraty, přepětí, kvalita napětí, požadavky na spolehlivost, stabilita.
4. Napájené síť na elektrickou stanici: odebírané výkony, rázy, přetížení, zkraty, účinník, kvalita napětí, požadavky na spolehlivost.
5. Informace při řízení: měření, stavová signalizace.
6. Ovládání a řízení stanice: zásahy-ruční, strojové, dálkové, automatické, jištění.
7. Okolí na elektrickou stanici: prostředí, počasí, znečištění ovzduší, zásahy nepovolaných osob, působení hlodavců, teplo z okolí, mechanické poškození.
8. Elektrické stanice na okolí: dotykové a krokové napětí, elektrický oblouk, požár, výbuch, indukce, elektrostatické pole, olejový odpad, hluk, estetické vlivy.
9. Kterými působí stanice sama na sebe: přepětí, zkraty, úbytky napětí, elektrický oblouk, požár, výbuch, hluk, vyšší harmonické, zásahy provozu a údržby. <sup>[7]</sup>



Obr. 2.4: Vazby jednotlivých vlivů na elektrickou stanici [7]

V případě, že elektrizační soustavu vnímáme jako systém, lze elektrické stanice brát jako jednotlivé části tohoto systému – podsystémy. Tyto podsystémy lze charakterizovat jako zařízení, které mají určité vstupy (přívody energie) a určité výstupy (vývody) různé od vstupů určitou změnou způsobenou hlavní funkcí elektrické stanice. Ztráty vznikající na elektrické stanici lze tedy vnímat jako nežádoucí výstup. [7]



Obr. 2.5: Zobrazení elektrické stanice jako podsystému [7]

Kromě již zmíněných hlavních funkcí, definovaných pro jednotlivé druhy stanic, je možné odvodit další funkce nebo požadavky (kritéria) na elektrickou stanici. Mnoho těchto požadavků předepisuje norma, a proto se jím nelze vyhnout. Důraz se klade na kritéria: jakost, spolehlivost a hospodárnost elektrické stanice. Při řešení elektrických stanic je také třeba usilovat o optimální plnění dále uvedených požadavků, které musí zabezpečit projektant, výrobce, montážní organizace:

- Hlavní funkce elektrické stanice.
- Omezení nepříznivých vlivů stanice na okolí.
- Spolehlivost elektrické stanice.
- Přehledné a jednoduché řešení.
- Ochrana před elektrickým obloukem.
- Ochrana před zpětným napětím.
- Ochrana před chybnou manipulací.
- Malá půdorysná plocha stanice.
- Omezení nepříznivých vlivů na obsluhu.
- Omezení nepříznivých vlivů na údržbu.
- Odolnost stanice proti okolním vlivům.
- Omezení ztrát, příp. jejich využití.
- Stupeň automatizace řízení a ovládání.
- Možnost zkrácení oprav vhodným řešením.
- Vhodný přístup a doprava ke stanici i ve stanici. [8]

### 2.7.1 Transformovny

Hlavní funkcí transformovny je transformace elektrické energie vstupního napětí  $U_1$  na energii jiného napětí  $U_2$  při stejné frekvenci. Jejich nedílnou součástí jsou transformátory, které lze rozdělit na následující typy:

- Snižovací:  $U_1 > U_2$ ,
- Zvyšovací:  $U_1 < U_2$ ,
- Oddělovací:  $U_1 = U_2$ .

Napětí  $U_1$  je pomocí jednoho nebo více vedení přivedeno na přípojnice primárního rozvodného zařízení transformovny. Odtud se dále rozvádí na jednotlivé transformátory pro transformaci na napětí  $U_2$ . Primární rozvodné zařízení slouží i jako uzel na rozvod energie napětí  $U_1$  do více větví. Stejně tak to platí i pro sekundární rozvodné zařízení. Které slouží pro rozvádění transformované elektrické energie  $U_2$  do vícero větví, tak jako odpovídá začlenění transformovny do elektrizační soustavy. Za hlavní funkci této stanice tedy považujeme transformaci a rozvod elektrické energie v požadovaném množství. Rozvodné zařízení jsou vybavena přístroji, které umožňují bezpečné připojení a odpojení vedení a transformátorů, jejich jištění před účinky přetížení, zkratu, přepětí, příp. podpětí. Rozvodné zařízení pro VN se obvykle řeší vnitřně v budovách, kde jsou i další zařízení potřebné pro zabezpečení provozu na transformovně. Transformovny mohou být kobkové, umístěné v budovách. Rozvodné zařízení VVN a ZVN bývají společně s hlavními transformátory umístěné venku. Zapouzdřené rozvodny VVN a ZVN bývají umístěné v budově. [7] [8]

### 2.7.2 Měnírny

Měnírny slouží na změnu proudu nebo síťového kmitočtu. Většinou jde o přeměnu střídavé elektrické energie na stejnosměrnou, nebo naopak. Nečastějším případem jsou napájecí měnírny pro napájení elektrifikovaných železnic a MHD, se stejnosměrnou napájecí soustavou. Měnírna je připojena na běžnou třífázovou distribuční síť a dále dodává potřebný stejnosměrný



proud o potřebném napětí. Pro přeměnu střídavého proudu na stejnosměrný se používají tyristorové měniče velkých výkonů, které se vyznačují velkou rychlostí řízení. Vybavení měníren je podobné jako u transformoven. Usměrňovací stanice jsou vybaven agregáty, které jsou složeny z transformátorů a usměrňovačů.

Kromě elektrifikace železnic, se měnírny používají i v průmyslu. V průmyslových závodech je stejnosměrné napětí potřebné pro elektrolytickou výrobu chlóru, hliníku, magnézia, vodíku apod. Potřebné výkony stejnosměrných proudů jsou naznačeny v tab. 2.1. Stejnosměrná energie se v průmyslu využívá i pro řízení stejnosměrných pohonů zejm. o velkých výkonech. <sup>[7] [8]</sup>

Tab. 2: Výkony měníren pro různé výroby

Druh výroby	Napětí (V)	Proud (kA)	Výkon (MW)
Elektrolýza hliníku	500 až 1000	50 až 200	200
Elektrolýza chlóru	40 až 1000	25 až 400	200
Elektrolýza magnézia	100 až 500	10 až 200	60
Grafitové pece	100 až 300	80 až 120	25

### 2.7.3 Spínací stanice

Hlavním úkolem spínacích stanic, je rozdělit přivedenou energii do vícero větví sítě, bez změny proudové nebo napěťové soustavy. Touto funkcí plní často primární, příp. sekundární rozvodné zařízení transformovny nebo měnírny.

Za spínací stanice je možné považovat i distribuční rozvaděče v sítích VN a NN. Tento pojem se však používá pro rozvodná zařízení vyžadující ke svému provozu společná a pomocná zařízení. Spínací stanicí se pak rozumí toto rozvodné zařízení včetně společných a pomocných zařízení. <sup>[7] [8]</sup>

### 2.7.4 Kompenzační stanice

Kompenzační stanice slouží ke změně parametrů vedení za účelem vyrovnaní jalových složek střídavého proudu, a tím ovlivňují přenos elektrické energie. To zajišťují synchronní kompenzátory, kondenzátorovými bateriemi, popř. kompenzačními tlumivkami nebo jejich tyristorově řízenou kombinací. Tato zařízení jsou nejčastěji instalována jako součást transformoven, popř. spínacích stanic.

V distribučních elektrizačních soustavách, zejm. v průmyslových, se pro kompenzaci indukčního jalového výkonu používají kondenzátorové baterie NN, VN, jimiž se provádí skupinová nebo centrální kompenzace účinníku. <sup>[7] [8]</sup>

### 3 Problematika a současné požadavky na projektovou dokumentaci

#### 3.1 Obecné požadavky na dokumentaci

Zpracovávaná dokumentace musí respektovat obecně závazné právní předpisy, zejm. „Vyhlášky o dokumentaci staveb“ č. 499/2006 v posledním znění vypracována v souladu s Přílohou č. 13 k vyhlášce č. 499/2006 Sb. Rozsah a obsah projektové dokumentace pro provádění stavby (dále jen „DPS“). DPS slouží i jako podklad pro výběr zhotovitele stavby. Vzhledem k této skutečnosti dokumentace musí splňovat požadavky vyplývající z vyhlášky č. 230/2012 Sb. [8]

#### 3.2 Stupně projektové dokumentace

Projektovou dokumentaci rozdělujeme do několika fází rozpracovanosti, z nichž části pro územní rozhodnutí, stavební povolení a realizaci obvykle označujeme za stupně projektové dokumentace (dále jen „PD“):

- a) **STS** – Studie stavby nebo přípravné práce: Prověření konkrétního staveniště, vhodnost lokality vlastnosti veřejných zdrojů, limity území.
- b) **DZS** – Dokumentace pro zadání stavby: Slouží jako podklad pro vydání záměru akce. Obsahuje podrobné technické řešení akce včetně stanovení nákladů a podrobnějšího časového harmonogramu.
- c) **DUR** – Dokumentace pro územní rozhodnutí: Rozsah a obsah dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení
- d) **DSP** – Dokumentace pro stavební povolení: Obsahuje konstrukční řešení stavby, prostorové uspořádání, materiálovou specifikaci stavby apod. musí být také v souladu s požadavky, které se týkají veřejných zájmů a norem.
- e) **DPS** – Dokumentace o provedení stavby: Slouží jako podklad pro výběr zhotovitele stavby. Vzhledem k této skutečnosti by dokumentace měla splňovat požadavky vyplývající z vyhlášky č. 230/2012 Sb. kterou se stanoví podrobnosti vymezení předmětu veřejné zakázky a musí být zpracována v podrobnostech umožňujících vypracování soupisu stavebních prací, dodávek a služeb s výkazem výměr.
- f) **RDS** – Realizační dokumentace stavby: Obsahuje veškeré podklady pro realizaci stavby (upraveno pro dodavatele stavby)
- g) **DSPS** – Dokumentace skutečného provedení stavby: Dokumentace zpracována v rozsahu a členění DPS, doplněná o montážní a dílenskou dokumentaci zpracovanou zhotovitelem stavby podle skutečného provedení.

Rozsah dokumentace musí odpovídat druhu a významu stavby, jejímu umístění, technickému provedení, účelu, době trvání a využití. Každá projektová dokumentace taky musí obsahovat určité části dokumentů, které k příslušnému stupni PD náleží. Tyto části se označují velkými písmeny latinské abecedy a patří zde například:

- A. průvodní zpráva,
- B. souhrnná technická zpráva,
- C. situační výkresy,

- D. dokumentace objektů technických a technologických zařízení,
- E. dokladová část,
- G. výkaz výměr/rozpočet.

### 3.3 Požadavky na tvorbu a správu projektové dokumentace elektrických stanic distributorů elektrické energie v ČR

#### 3.3.1 E.ON Distribuce, a.s. PRE distribuce, a.s.

Distributoři E-ON a PREdi vydali technické podmínky pro tvorbu a správu dokumentace technických a technologických zařízení elektrických stanic. (ECZR-TP-177/E.ON a PN JA 912/PREdi). Těmito technickými podmínkami na zpracování PD byl nastaven určený standard, který projektantům jasně definuje pravidla, podle kterých musí dokumentaci zpracovat a také odevzdat. Záměrem standardu tedy je sjednotit formu postupně vytvářené dokumentace, jejichž zpracování nebude závislé na jednotlivých zhotovitelích. Jednotné zpracování zahrnuje také sjednocení věcného obsahu, terminologie, referenčního označení a technického provedení projektů pro dané typy staveb (např. transformovny, kabelové tunely, kabelové a nadzemní vedení atd.) zajišťovaných u externích dodavatelů v rámci členění projektové dokumentace dle fáze výstavby. Tyto technické podmínky jsou následně prokazatelným způsobem dodány zhotoviteli stavby, který je povinen se jimi řídit. Mimo jiné jsou zde také definovány jednotlivé sw pro zpracování elektronické dokumentace: <sup>[4]</sup> <sup>[10]</sup> <sup>[12]</sup>

Příklad současného přehledu sw pro zpracování elektronické dokumentace pro integraci dat PREdi:

- textové zprávy: Microsoft Office;
- technická specifikace: Microsoft Office, Ruplan – EVU;
- seznamy částí: Microsoft Office, Ruplan – EVU;
- osvědčení, doklady, fotodokumentace: formát PDF;
- výkresy obecně: AutoCAD (\*.dwg);
- obvodová schémata a generované dokumenty: Ruplan – EVU;
- struktura dokumentace staveb: Engineering Base;
- výkresy podrobného měření (mapování): MicroStation (\*.dgn). <sup>[12]</sup>

Kromě požadavků na věcný obsah jsou zde i požadavky na formu zpracování PD, které jsou kladeny na její technické a grafické provedení a to především:

- racionální archivace,
- snadná provozní manipulace,
- opětovná reprodukovatelnost,
- možnost jednoduchých úprav a doplnění,
- použitelnost pro zpracování navazujících druhů dokumentace,
- kvalitní grafické zpracování, jednotný styl,
- přehlednost a systematičnost,
- vhodnost pro zpracování na PC. <sup>[12]</sup>

Každý standard je tedy rozdělen a na textovou a grafickou část. Textová část určuje, jak má být dokumentace tvořena a jak mají být jednotlivé části elektrické stanice (dále jen „ES“) – pole,

rozvaděče, přístroje atd. – označeny. Většina ES spadající pod distributory jsou provozována tak, aby zapojení těchto stanic bylo velmi podobné. Pro sjednocení zapojení ES tedy slouží grafický standard, který obsahuje typová zapojení jednotlivých funkcí pro ovládání konkrétní stanice. Společnou částí je norma PNE 184311-2, která definuje základy jednotného grafického, písemného a barevného kódování elektrických prvků a zařízení elektrizační soustavy. <sup>[10]</sup>

Systém jednotného značení zařízení musí umožnit jednoznačné určení označovaného zařízení uvnitř celku. K tomuto účelu se používá kód objektu, který je tvoř soustavou znaků, kde se jako znaky používají velká písmena latinské abecedy a arabské číslice, které slouží k dalšímu členění. Kód objektu začíná vždy skupinou písmen. Některé kombinace písmen a číslic jsou vyhrazeny pro určité vybrané funkce vodiče, konce těchto vodičů a svorky (např. U, V, W, L1, L2, L3, N, PE, L+, L-, PEN atd.) Používání těchto vybraných označení předepisuje ČSN EN 60445 ed.5 a tato vybraná značení nesmí být používána k jiným účelům. <sup>[4] [14]</sup>

Význam písmen kódu objektu je pro daný předmět pevně stanoven. Kód předmětu (technického místa) tvoří označovací řetězec, který se skládá z několika označovacích skupin (referenčního označení). Tyto skupiny popisují daný předmět z různých hledisek (funkce systému, umístění, druh předmětu apod.) <sup>[14]</sup>

Pro rozlišení označovacích skupin podle jednotlivých hledisek se je díky zmíněné normě PN 184311-2 doporučeno použít následující předznamenání:

- „ = “ označuje základní funkční celek, k němuž označovaný předmět přísluší;
- „ . “ označuje funkci souboru zařízení, k němuž označovaný předmět přísluší;
- „ + “ umístění označovaného elektrotechnického předmětu;
- „ - “ označuje druh elektrotechnického předmětu (zařízení). <sup>[14]</sup>

Výsledný kód předmětu (technického místa) v ES se skládá z těchto označovacích skupin:

- Skupina 0 – Elektrická stanice, bez předznamenání
- Skupina 1 – Funkční celek „ = “ – základní funkční hledisko,
- Skupina 2 – Instalační místo „ + “ – hledisko umístění,
- Skupina 3 – Soubor zařízení „ . “ – upřesňující funkční hledisko,
- Skupina 4 – Elektrotechnický předmět „ - “ – konkrétní zařízení,

Následně je pro každou skupinu definován i počet znaků, což určuje strukturu dané skupiny a je zde jednoznačně určena každá část těchto skupin. Aby bylo jasné dané, pod kterou napěťovou úroveň spadá každé zařízení, je nutno tuto část zakomponovat do příslušného kódu. <sup>[14]</sup>

Tab. 3: Písmena označující napěťovou úroveň rozvodného zařízení

Napěťová úroveň zařízení	420 kV	245 kV	123 kV	38,5 kV	25 kV	12 kV	7,2 kV	0,4 kV
Použité písmeno	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>H</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>N</b>

Výše uvedená tabulka vychází z mezinárodně platných norem a v zahraničí je sjednocena rovněž prostřednictvím sdružení IG-EVU, které se zabývá problematikou jednotného zpracování dokumentace ES. Jednotný systém značení je platný v normě IEC 81346. <sup>[10] [14]</sup>

Specifikem českého prostředí je aplikace vlastního značení funkčních celků neboli v tomto případě z pohledu ČSN EN 61355 označení předmětu v ES na níže uvedeném principu.

Obecný tvar referenčního označení funkčního celku: <sup>[14]</sup>

=XXXYY

První písmeno písemného kódu udává typ funkčního celku:

Tab. 4: Příklad označení funkčního celku

Kód	Typ funkčního celku
A	Elektrická stanice

Druhé písmeno kódu udává pro elektrické stanice napěťovou úroveň (dle maximálního napětí sítě) kde společnou částí je norma PNE 184311-2:

Tab. 5: Příklad napěťových úrovní pro ES

Kód	Elektrická stanice	Jmenovité napětí sítě	Maximální napětí sítě
E	Pro $U_{\max} = 110 \text{ kV} \dots \leq 420 \text{ kV}$	110 kV	123 kV
F	Pro $U_{\max} = 60 \text{ kV} \dots \leq 110 \text{ kV}$		
G	Pro $U_{\max} = 45 \text{ kV} \dots \leq 60 \text{ kV}$		
H	Pro $U_{\max} = 30 \text{ kV} \dots \leq 45 \text{ kV}$	35 kV	38,5 kV
J	Pro $U_{\max} = 20 \text{ kV} \dots \leq 30 \text{ kV}$	22 kV	25 kV

Třetí písmeno písemného kódu udává bližší rozlišení zařízení elektrické stanice:

Tab. 6: Příklad bližšího rozdělení zařízení ES

Kód	Typ rozvodného zařízení
A	První transformovna, první zařízení apod. v elektrické stanici
B	Druhá transformovna, druhé zařízení apod. v elektrické stanici

Příklady referenčního označení funkčního celku:

Tab. 7: Příklad referenčního označení funkčního celku.

Příklad aplikace	Typ rozvodného zařízení
První pole transformovny 110 kV	=AEA01
První pole transformovny 22 kV	=AJA01

Kromě definice kódů pro jednoznačnou identifikaci jednotlivých skupin je nezbytné, aby dodavatel dodržoval i správné označování jednotlivých dokumentů, které jsou klasifikovány podle druhu dokumentu. Druh dokumentu je typ dokumentu určený s ohledem na specifikovaný obsah informace a způsob podání (zobrazení). Názvy dokumentů jsou normalizovány především v normách EN 61355, EN 61082, IEC 61082-6, ISO 10209 a ISO 10209-4. Pro dosažení obecného porozumění mezi stranami ohledně dokumentů, které se mají vyměňovat nebo dodávat, byl v normě ČSN EN 61355 stanoven třídící kód DCC (Document Classification Code). <sup>[12][14]</sup>

Tab. 8: Princip označení dokumentu dle ČSN EN 61355

Plné označení stránky dokumentu			
	Třídící kód DCC		
Označení předmětu	& A1 A2 A3	NNN	/ A.....N

- DCC kód & A1 A2 A3 NNN
- A1 technická oblast (odvětví)
- A2 hlavní třída druhu dokumentu
- A3 podtřída druhu dokumentu
- NNN upřesnění, event. Pořadové číslo druhu dokumentu vztahující se k určitému předmětu

### 3.3.2 ČEZ Distribuce, a.s.

V současné době ČEZd nepatří mezi skupinu distributorů, kteří plně využívají technologii CAD/CAE databázových systémů při zpracování projektové dokumentace ES.

Určení pravidel pro zpracování PD je určeno interní metodikou ČEZd\_ME\_0088r00, která detailně popisuje požadavky na rozsah technické dokumentace u staveb stanic, liniového vedení NN, VN i VVN pro účely rozšíření sítí, rekonstrukce nebo přeložek distribučního zařízení. Dále popisuje požadavky na jednotné zpracování zejm. z geodetického pohledu. Nejsou zde definovány jasné zásady zpracování PD z pohledu detailní dokumentace elektrotechnických schémat technologií ES včetně montážní dokumentace minimálně ve stupni DPS, případně DSPS. Jedná se zejména o výkresovou dokumentaci provozních souborů sekundární techniky ES. <sup>[10]</sup>

- ČEZd\_ME\_0151: “Chybějící DSPS bude vypracována 4x v papírové formě (paré č. 1, 7, 8, 9) a 1x digitálně (formát DWG, DGN, DXF, MS Office) s přihlédnutím k ČEZd\_ME\_0088 v platné revizi.”
- DSO\_ME\_0295: “situaci, schémata a specifikace ve formátu PDF, (složitější výkresy případně zasílá v grafických formátech DGN, DWG). V případě rozsáhlejších staveb může odpovědný technik požadovat dodání dalších částí PD elektronicky nebo v papírové podobě.”

ČEZd dále využívá metodiku: „Systému jednotného značení ČEZ Distribuce, a.s.“ (dále jen „SJZ“). Tato metodika slouží k popisu systému jednotného značení stanic a liniového zařízení, jejich souborů a prvků ve společnosti ČEZd. Jejím účelem je vytvoření podmínek pro jednotné fungování dispečerského řízení, evidování, provozování a údržbu elektrických sítí a zajištění bezpečnosti prací v rámci působnosti ČEZd. Základním zásadou návrhu je, aby bylo dosaženo neměnnosti SJZ v průběhu životnosti celků nebo jejich jednotlivých prvků, a to i v případě změny konfigurace jejich zapojení do el. sítě. Metodika ovšem není shodná s uvedenými předpisy, obsažených v PN 18 4311. Mimo jiné zde platí i další metodiky např. pro místní provozní předpisy, archivace dokumentací, zpracování stupně DSPS, nakládání s písemnostmi atd. <sup>[2] [10]</sup>

Soubory zařízení ES jsou u ČEZd v zásadě principiálně shodné s E.ON a PREdi. Pouze formulace podléhá podmínkám systému názvosloví zavedených v metodických pokynech ČEZd.

Příklad používaného značení vychází z předpisu **Axy** kde:

A – je označení pro rozvodnu

x – je označení provozního napětí (viz. Tab. 3)

y – je velké písmeno abecedy, které značí pořadí, případně typ zařízení

Výsledný příklad označení ES 400 kV, 220 kV dle SJZ:

ACA – rozvodna 400 kV

ACB – rozvodna 400 kV

ADA – rozvodna 220 kV

ADB – rozvodna 220 kV

Hlavním rozdílem je v použití technologie pro zpracování PD ES. Pokud se využije databázového systému tak značení se stává závazným pro systém a „tvrdě“ podléhá systémovým kontrolám např. na duplicitu. To má nesporné výhody v eliminaci lidského faktoru při tvorbě projektové dokumentace a následně efektivní tvorbě strukturované dokumentace formou automatické tvorby. Tento princip využívají ve svých podmínkách společnosti E.ON a PREDi. <sup>[10]</sup>

Pokud výše uvedený systém značení zpracovatel dokumentace zadává do CAD systému ručně, tak podléhá plně lidskému faktoru a je silně náchylný na tvorbu chyb a je velmi náročné SJZ finálně zkontrolovat. <sup>[10]</sup>

### 3.4 Současný stav v oblasti zpracování a používání PD

Praxe v provozu ukázala, že v současné době se provozní dokumentace při životním cyklu ES nejvíce potýká s těmito problémy:

#### 1) Nejednotný standard komplexní PD staveb

- Různí dodavatelé technologických a stavebních částí nemají jednotná pravidla.
- Dodavatelé odevzdávají zpracovanou PD v různých formátech, strukturách nebo provedení.
- Definice názvů a struktura adresářů podléhá zvyklostem dodavatele.
- Nelze vyhledávat výkresy, dokumenty z jednoho místa. Je nutné prohledávat jednotlivé adresáře a podadresáře za pomoci seznamu jednotlivých dokumentací.
- Neexistuje společná dokumentace se vzájemnými vazbami mezi jednotlivými soubory (provozní soubory PS a stavební objekty SO).
- Provádění změn týkající se vícero dokumentů, je značně komplikovaná.
- Bezpečný obousměrný přenos dat mezi investorem a dodavatelem. <sup>[10]</sup>

#### 2) Časové náklady

- Nejednotné uložení dat.
- Problém při udržování a zjišťování aktuálního stavu PD na ES.
- Složitý a zdoluhavý připomínkový proces na straně investora (nejčastěji pomocí e-mailu), který mnohdy vede ke značným časovým nákladům.
- Slučování dílčích projektu do jednoho hlavního.
- Neefektivní vyhledávání.
- Nesourodý přístup k datům, díky kterému je potřeba konvertovat dodané soubory (DWG, DGN, CAD/CAE).
- Lidský faktor. <sup>[10]</sup>

#### 3) Ukládání s PD

- Je uložena ve vlastních archivech pracovníků provozu, což představuje určité riziko ztráty dat.
- Aktuální stav je uložen u dodavatelů a investor tak často musí žádat o poskytnutí aktuálních dat.
- Uložena na CD, příp. v archivu, což znamená velké množství složitých a časově namáhaných úkonů při hledání konkrétního dokumentu.
- Uložena v dílčích nepropojených projektech, které se v rámci životního cyklu ES zpracovávaly a v horších případech také kumulovaly.
- Uložena v SAP, kde jsou pouze nejdůležitější dokumenty ES bez přístupu na kompletní elektrotechnologickou dokumentaci.
- Uložena v TIS, kde je pouze část dodavatelské dokumentace, případně cizího zařízení, které je připojeno nebo osazeno na ES investora.
- Uložena v GIS, kde jsou pouze 1- pólová schémata ES, bez podrobného detailu, či vlastní struktury. <sup>[10]</sup>



Tato problematika se však netýká pouze PD, ale v závislosti na výše zmíněných bodech vznikají problémové situace také na provozu ES:

- Na provozní techniky je stálý tlak, aby snižovali provozní náklady (OPEX) a lépe využívali pracovní dobu.
- Problém při shánění dostatečně kvalifikovaných osob.
- Zavádění bezobslužného provozu ES.
- Komplikovaná orientace a archivace PD.
- Změny v dokumentaci na základě neplánovaně vyvolaných prací.
- Aktualizace dokumentace na základě řádu preventivní údržby ŘPU. <sup>[10]</sup>

## 4 Návrh řešení nového stupně pro projektovou dokumentaci – „Provozní dokumentace“

### 4.1 Úvod do problematiky

Projekt se zaměřuje na zpracování digitalizované formy provozní dokumentace ES – části vlastní spotřeby s propojením na pole 22 kV pro distributora elektrické energie ČEZ Distribuce, a.s. (ČEZd). Dnešní projektové dokumentace na ES jsou v drtivě většině řešeny papírovou formou, která je také mnohdy v neaktuálním stavu. Provozovatelé tak mají problém nejen s udržením a zapracováváním změn při běhu životního cyklu ES, ale také se potýkají s náročností mít přehled o kompletnosti dokumentace, kterou daná ES disponuje. [6] [10]

Celou práci jsem zpracovával při mém současném zaměstnání, ve společnosti TECHNODAT Elektro, s.r.o. (dále jen „TDE“) sídlící ve Zlíně. Cílem bylo vytvořit dokumentaci skutečného provedení v databázovém sw Engineering Base (EB), která má za úkol, aby dokumentace byla sestavena z pohledu provozu dle zařízení, a ne z pohledu realizace stavby. To znamená zajistit obsluhu, servisu co největší zjednodušit přístup k ucelené dokumentaci spravovaného zařízení a zefektivnit práci při provozu a údržbě na elektrické stanici. Nesporným faktorem je zajištění vyšší úrovně splnění podmínek bezpečnosti při obsluze provozovaného zařízení. Dokumentace by měla na jednom úložišti, přístupném z několika míst, obsahovat veškeré dokumenty týkající se dané ES, které jsou nezbytné pro její chod např. Místní provozní a bezpečnostní předpisy (MPP), dokument o působení vnějších vlivů, vypracovanou studii apod. Zároveň bylo mým cílem navrhnout dokumentaci tak, aby byla logicky zpracována nejen formou elektrického zapojení, ale také formou, která propojí všechny ostatními obory (elektrotechnologie, konstrukce, stavba atd.). [6] [10]

### 4.2 Provozní dokumentace

Základní obsah pojmu pro provozní dokumentaci je definován dle § 4 zákona č. 309/2006 Sb. Z pohledu BOZP je provozní dokumentace soubor dokumentů obsahující průvodní dokumentaci, záznam o poslední příp. mimořádné revizi nebo kontrole, stanoví-li tak zvláštní právní předpis nebo zaměstnavatel. Dle PNE 184 310 ed.4 a PNE 18 4311 musí být aktuální dokumentace ve stavu DSPS, musí obsahovat záznamy o elektrickém zařízení a místní provozní a bezpečnostní předpisy (MPP). Provozní dokumentace je tedy dokumentací stavby, která odpovídá současnému skutečnému provedení. Je nutno ji uchovávat a aktualizovat po celou dobu trvání a provozu stavby. Musí taktéž splňovat následující předpoklady:

- snadnou manipulaci s dokumenty,
- racionální archivaci,
- opětovnou reprodukovatelnost s možností jednoduše proveditelných oprav,
- jednotnost zpracování a čitelnost dat.

Pro každého dodavatele je stupeň provozní dokumentace individuální a je na investorovi a provozu každé ES, co všechno má tento stupeň PD obsahovat. Jako názorné komplexní řešení by mohl být např. tento obsah:

- pracovní dokumentaci vycházející z DSPS,
- místní provozní předpisy MPP,
- provozní předpisy výrobců zařízení včetně schémat,
- provozní deník,
- univerzální knihu záznamů (náhrada za knihu ochran, knihu změn a oprav, knihu kompresorů a akumulátorů),
- kniha návštěv,
- návody na obsluhu technologických zařízení a elektrických spotřebičů,
- havarijní plány,
- požární projekt,
- protokol o určení vnějších vlivů,
- přehled výstražných zařízení. <sup>[6]</sup> <sup>[10]</sup>

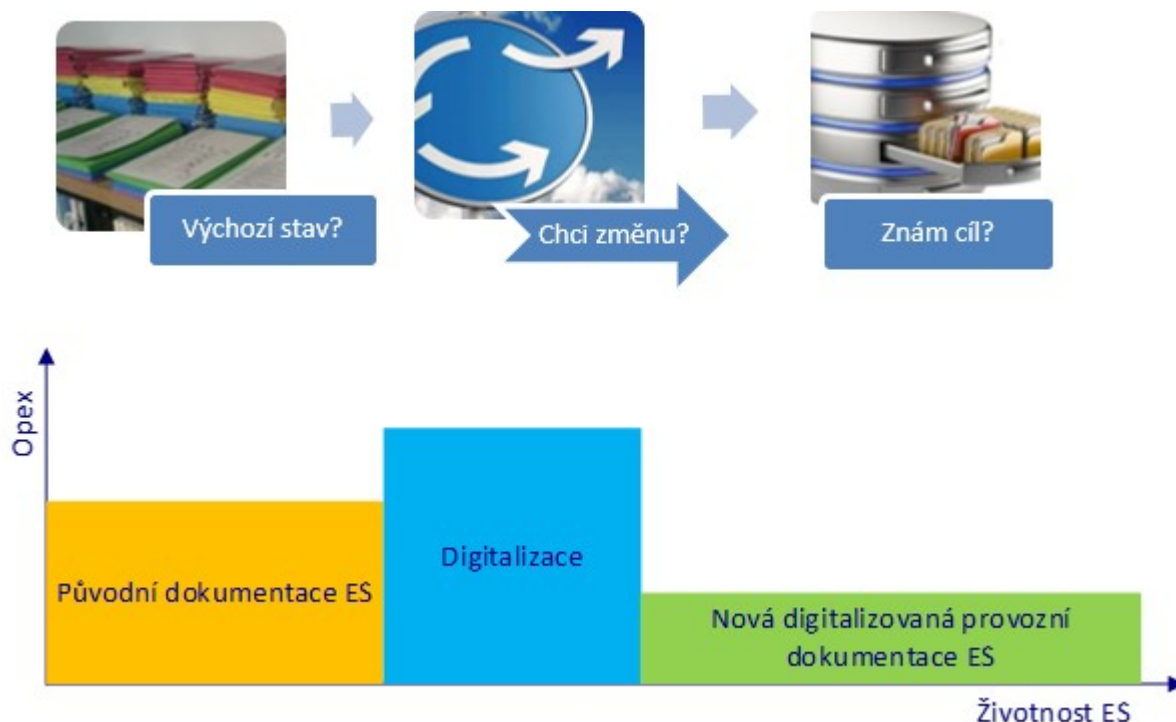
### 4.3 Zpracování pilotního projektu

Jak již bylo zmíněno, tak TDE spolupracuje s distributory elektrické energie E-ON a PREdi, ve snaze nastavit jednotný standard při tvorbě projektových dokumentací v digitalizované podobě. ČEZd se do tohoto sjednocení doposud nepovedlo zapojit, a tudíž nebyla seznámena s výhodami, které digitalizace databázového zpracování PD přináší, což jsem se pokusil změnit zpracováním tohoto pilotního projektu. <sup>[6]</sup>

Dnešní elektronická forma projektové dokumentace klade neustále se zvyšující nároky na správu těchto dat z pohledu různých faktorů, např. manipulace, udržení aktuálnosti, čitelnosti z důvodů různých formátů, rychlého přístupu, zajištění bezpečnosti apod. Proto jsem jako první věc, společně s kolegy na základě požadavků zákazníka, zpracoval analýzu. jejímž cílem bylo seznámit zákazníka se současným stavem zpracování projektové dokumentace. Mezi hlavní podněty, které vedly ke zpracování analýzy patřily následující body: <sup>[6]</sup>

- Zmapování současného stavu v oblastech zpracování a aktualizace provozní dokumentace ES z pohledu správy energetického majetku (SEM), se zaměřením na nejčastěji používanou dokumentaci ze strany technické správy energetického majetku (TSEM).
- Posouzení vhodnosti nasazení, objektově orientovaných projekčních sw nástrojů v podmínkách společnosti ČEZd.
- Pohled na současný technický stav přístupu k dokumentům komplexní provozní dokumentace ES ze strany pracovníků SEM.
- Základní přehled možností, které by přineslo nasazení databázové platformy EB.
- Navržení variant řešení elektronické formy při zpracování provozní dokumentace, tak aby odpovídala současným požadavkům.
- Cenová analýza a posouzení variant databázového zpracování provozní dokumentace ES.

Nedílnou součástí je také uvést obecný technický pohled na současné možnosti řešení efektivní tvorby, správy a následné údržby provozní dokumentace ES se souvisejícím ekonomickým hlediskem.

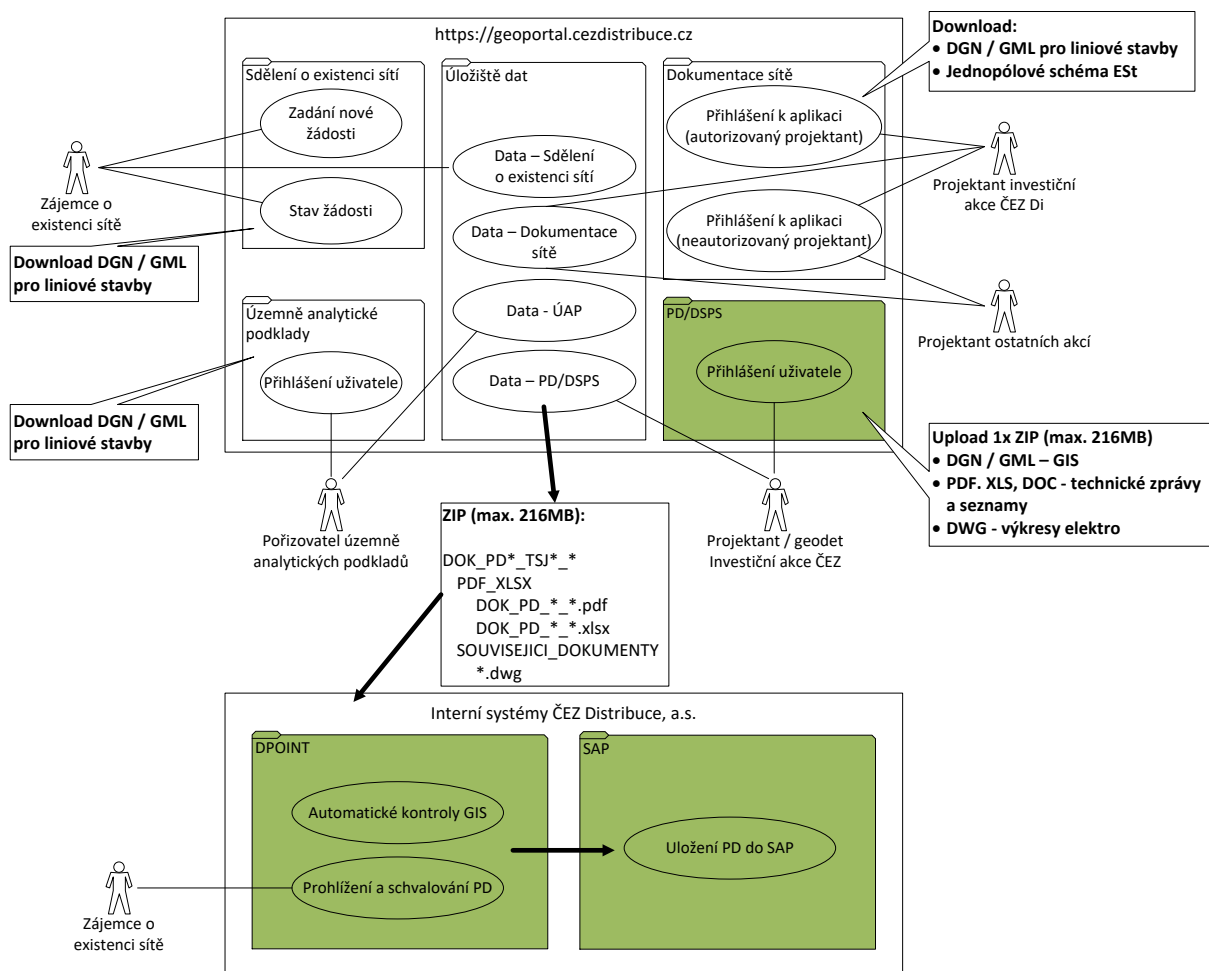


Obr. 4.1: Zjednodušený graf ekonomického hlediska digitalizace provozní dokumentace ES

Výchozí stav reprezentuje současnou papírovou formu dokumentace, u které nejde jen o náklady na jejím zpracování, ale také o kalkulaci ztraceného času, který je vynaložen pro úkony personálu ES při řešení krizových situací, při provozních úkonech, případně při hledání a zajišťování aktuálního stavu dokumentace. Tento stav neposune zákazníka dál a s kumulujícími se změnami na ES se provozní náklady nesníží. Postupem času, což je praxí ověřeno, je pak čím dál více náročnější udržovat aktuální stav, pro bezproblémový a bezpečný chod ES. V mnohých případech pracovníci ES ani neví, jak je jejich dokumentace kompletní a jejich největší spoleh se klade na kvalifikované pracovníky, kteří zapojení obvodů znají z paměti, a to díky jejich letité praxi na ES. <sup>[6]</sup>

Na Obr. 4.1. můžeme vidět, že rozhodnutí se pro změnu formou digitalizace, je pro zákazníka finančně náročnější a prvotní náklady jsou vyšší než byly doposud u nákladů provozní dokumentace v papírové formě, nicméně počáteční investice do digitalizace je pouze jednou a na omezenou dobu. Výsledkem toho je následné dlouhodobé snížení provozních nákladů a zákazník má jistotu kompletnosti dokumentace, ke které má neustále rychlý přístup, a je snadnější ji udržovat stále aktuální. <sup>[6]</sup>

Dalším krokem bylo stanovit si určité cíle se zástupci ČEZd, najít „společnou řeč“ a představu o tom, jak by měl vypadat výsledek mého zpracování. Z osobní komunikace se zákazníky jsem zjistil, že jejich stávající stav elektro-technologické PD nebyl doposud zpracován do modulu DSPS a předávala se jen v 1 – pólových verzích ukládaných v GIS. Elektrotechnická dokumentace technologie ES se od zhotovitele stavby předávala jen papírovou formou a formou needitovatelného CD, což nezajišťovalo jednotný a jednoduchý strukturovaný přístup na kompletní dokumentaci jednotlivých ES. Obsah tohoto CD je nahráván na Geoportál, což je sw nástroj sloužící mimo jiné i jako úložiště PD a dokumentace DSPS pro projektanty a geodety investičních akcí. <sup>[6]</sup>



Obr. 4.2: Základní sestava modulů a princip funkce sw nástroje Geoportál

Nejdůležitější dokumenty z dokumentace ES jsou ukládány do informačního zákaznického systému SAP, kde není zajištěn strukturovaný přístup na kompletní elektrotechnologickou dokumentaci. Všechny tyto informace mě vedly k základním poznatkům toho, že výše zmíněné informace jsou pro zákazníka kritickými místy při práci s provozní dokumentací ES. [6]

#### 4.3.1 Varianty zpracování provozní dokumentace ES

Proto jsem navrhl několik variant, jak by se tato problematika u ČEZdi mohla zlepšit. Stanovili jsme základní cíle, pro elektronickou provozní dokumentaci ze dvou hledisek:

##### 1) Z hlediska přístupu do dokumentace

- Zajistit jednotné provedení struktury provozní dokumentace ES.
- Zajistit uložení na jednom serveru (databázi) pohodlně přístupném pro všechny pracovníky SEM.
- Umožnit rychlé navigační vyhledávání v dokumentaci pomocí místního systému značení SJZ.
- Rozšířit dosavadní přístupy do dokumentace o přístup dle funkčního, případně polohového nebo produktového aspektu. [6]

## 2) Z hlediska aktualizace dokumentace

- a. Zajistit možnost aktualizace provozní dokumentace ze strany určených pracovníků odboru SEM.
- b. Pro potřeby provozu a údržby rozšířit dosavadní manuální vstup do dokumentace moderním databázovým systémem.
- c. Definovat pro nové projekty základní podmínky databázového projektování a následné předávání nové dokumentace.
- d. Umožnit provozní editaci a dokreslování jednotlivých schémat přímo v databázovém systému pověřenými a proškolenými pracovníky. <sup>[6]</sup>

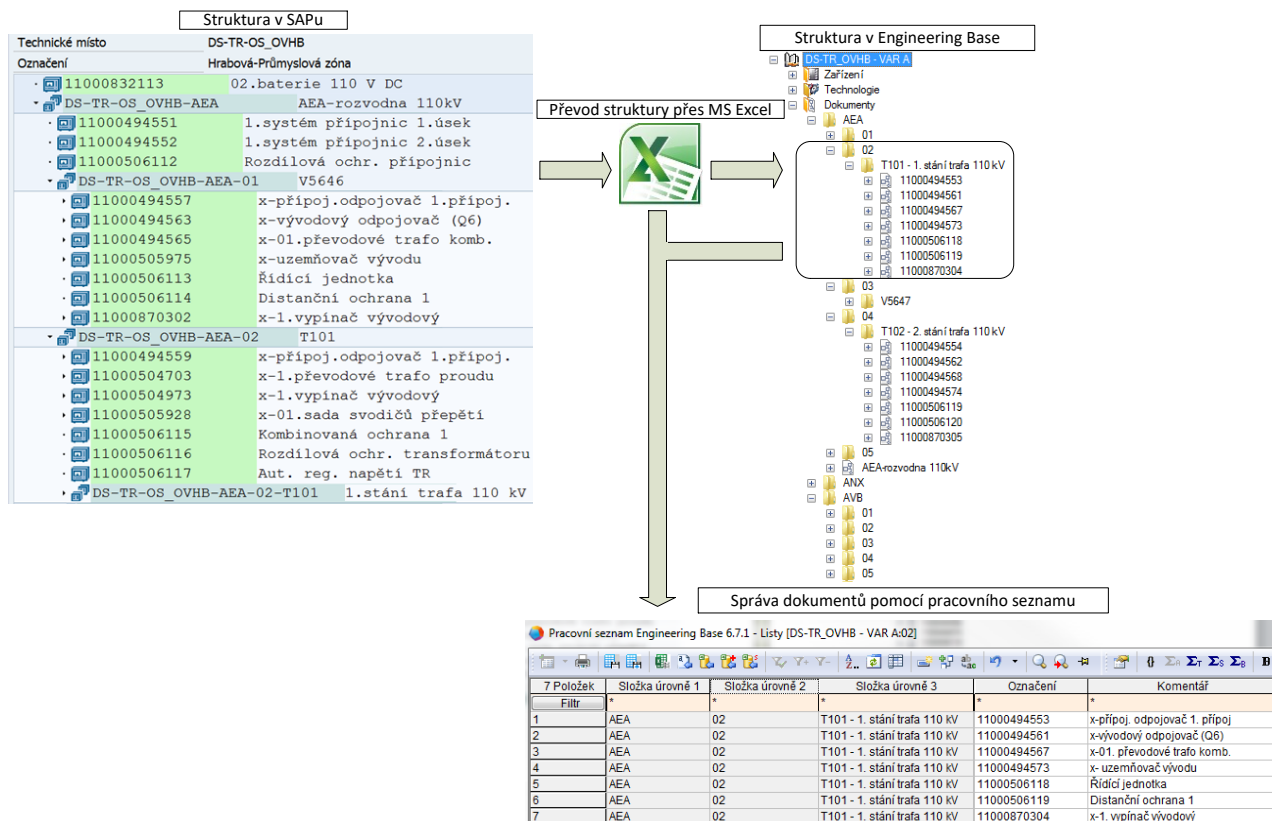
Pro tyto hlediska jsem navrhl 4 varianty řešení, které by mohly řešit současné situace zpracování na základě detailní analýzy stávající provozní dokumentace vybrané stanice v Ostravě.

### 4.3.1.1 Varianta A

V této variantě jsem navrhl přenesení veškeré stávající dokumentace (z pravidla DWG formát) do EB a zařazení výkresů do jasné definované struktury. Výkresy by byly převedeny pouze graficky, bez jakéhokoliv provázání meta-dat na elektronickou dokumentaci. Pro zákazníka by tato varianta byla ekonomicky nejúspornější a pro mě časově nejméně náročná. Přinášela by tyto výhody:

- Přehledně a jednotně definovaná struktura.
- Jednoduché a rychlé vyhledávání jednoho nebo více dokumentů pomocí funkcionalit EB (konkrétně pracovních seznamů – detailní popis funkcionalit EB je uveden v mé bakalářské práci o absolvování praxe, kde jsem hlavní funkce EB popsal).
- Rychlá navigace z otevřeného výkresu přímo do struktury dokumentace.
- Možnost vytvoření PDF.
- Hromadný tisk dokumentace.
- Možnost základních grafických úprav dokumentů elektrotechnických schémat dle požadavků uživatele – pouze **částečná** náhrada CAD systému.
- Zajištění % přehledu o stavu „naplnění“ dané provozní dokumentace k dané ES.
- Řeší riziko duplicit dílčích projektů, které se nachází na ES. <sup>[6]</sup>

Tuto variantu bych provedl tak, že na základě struktury a dat uložených v SAPu, bych vytvořil strukturu v EB, do které bych data následně přenesl viz. Obr. 4.3. Tato varianta by ovšem nepřinesla řadu výhod a nenaplnila by potenciál plně digitalizované dokumentace. <sup>[6]</sup>



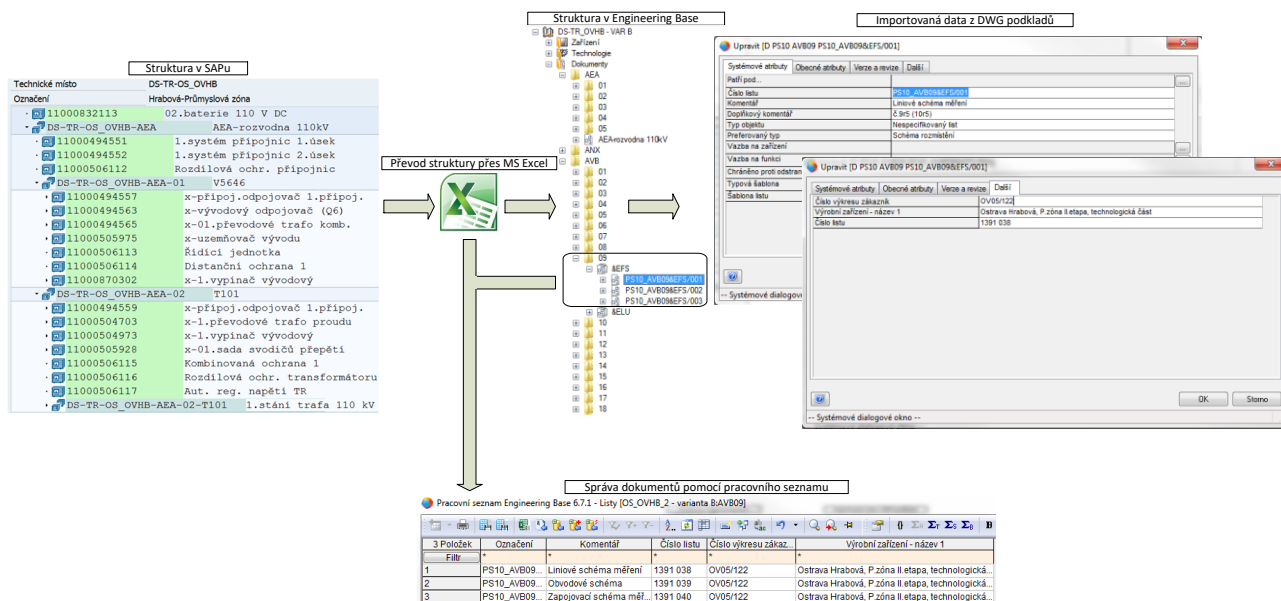
Obr. 4.3: Struktura SAP/EB

#### 4.3.1.2 Varianta B

Podobně jako u varianty A by tato varianta spočívala v přenesení stávající dokumentace do EB. Převod by obsahoval metadata (informace) digitalizované dokumentace v podobě atributů, obsažených ve stávajících DWG výkresech. Tato data by šlo číst i editovat v dialogových oknech nad každým převedeným výkresem. Varianta B by byla časově náročnější a z pohledu ekonomiky taky nákladnější. Postup mojí práce by byl stejný jako v předchozí variantě. Jako přidanou hodnotu bych pro každý list vytvořil razítko, do kterého by data byla nahrána a následně přístupná v EB. Tato varianta by taktéž nenaplnila plný potenciál digitalizované dokumentace a její výhody by byly téměř stejné jako u varianty A:

- Přehledně definovaná jednotná struktura.
- Prvky digitalizované dokumentace v podobě zmapovaných a následně importovaných dat nalezených v EB.
- Jednoduché a rychlé vyhledávání jednoho nebo více dokumentů pomocí pracovního seznamu.
- Rychlá navigace z otevřeného výkresu přímo do struktury dokumentace.
- Čtení a případná editace importovaných dat z razítka.
- Možnost vytvoření „Smart PDF“.
- Hromadný tisk dokumentace.
- Zajištění % přehledu o stavu „naplnění“ dané provozní dokumentace k dané ES.
- Řeší riziko duplicit dílčích projektů, které se nachází na ES. [6]

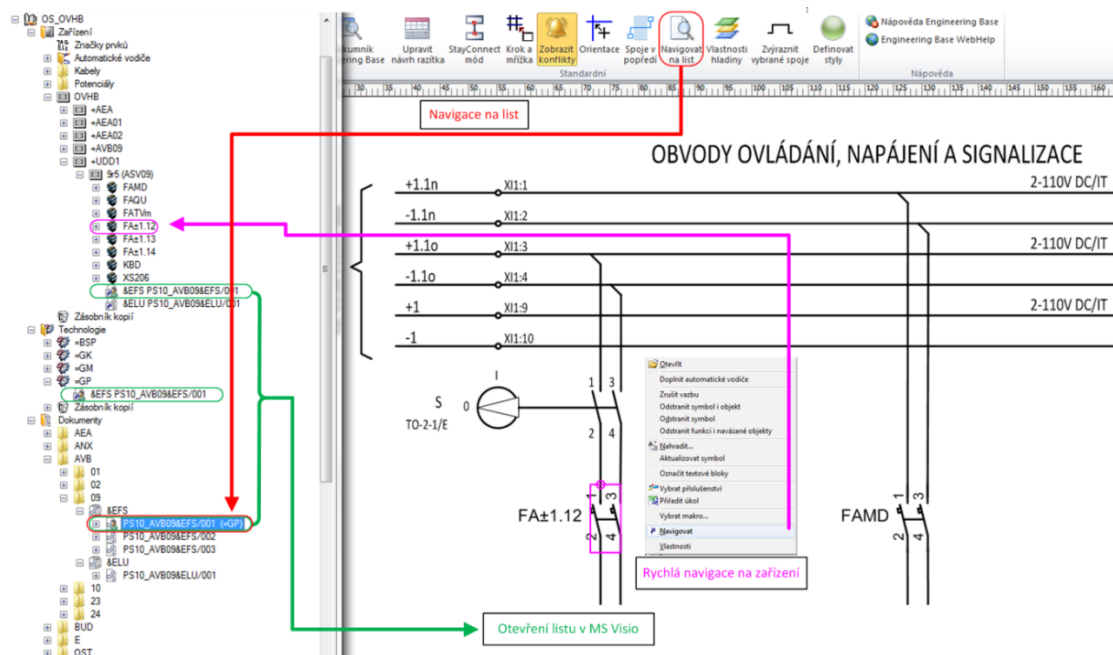




Obr. 4.4: Struktura SAP/EB se zobrazením importovaných dat

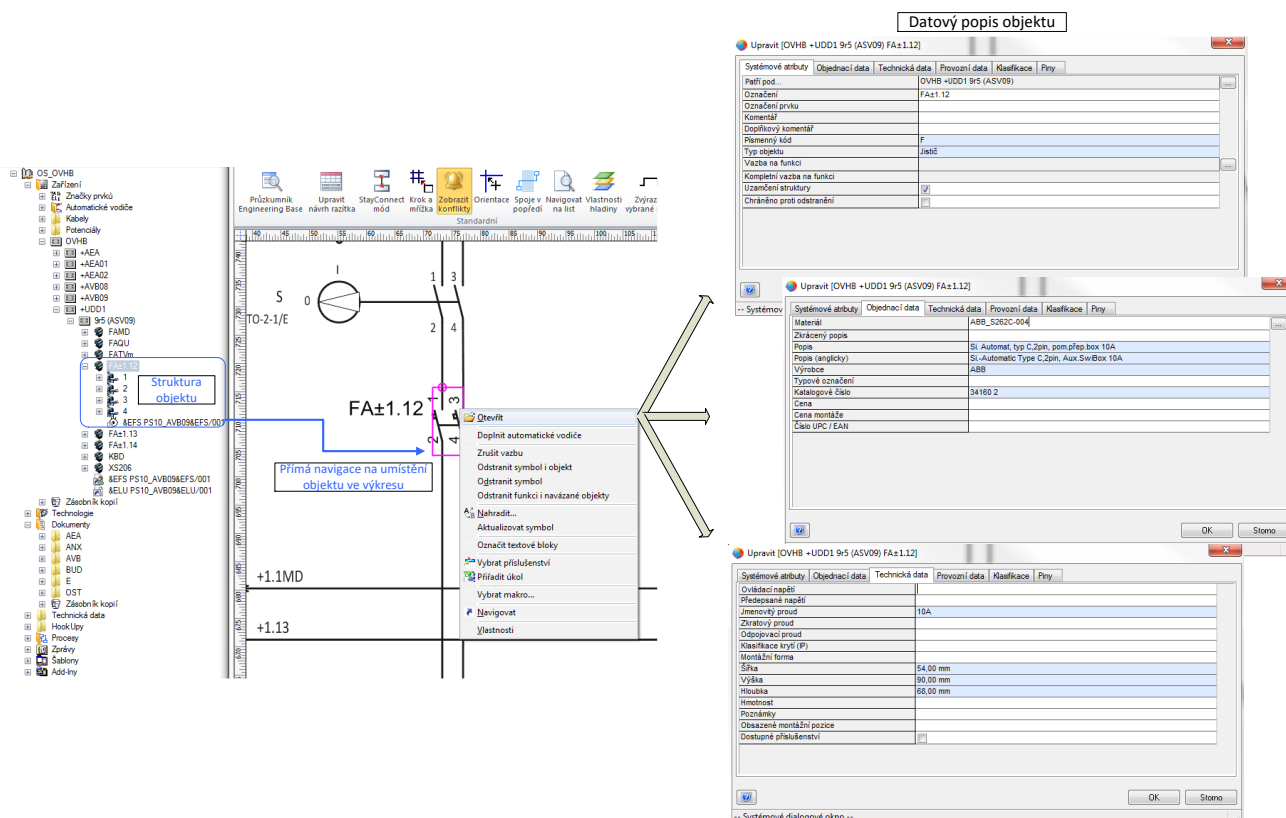
#### 4.3.1.3 Varianta C

Varianta digitalizované dokumentace formou překreslení, která obsahuje objektově orientovanou databázi reálných prvků: přístroje, kabely, svorkovnice a potenciály, použitých na ES. Každý tento prvek lze reálně datově popsat a je zde možnost využití generovaných listů. Zahrnuje online provázání jednotlivých prvků v logických vazbách mezi jednotlivými výkresy (vlastnost EB), které výrazně snižují časovou náročnost na správu a orientaci v dokumentaci. Výkresy by byly převážně kresleny ve větších výkresových formátech dle ČSN EN 61082 v tzv. nerozložené formě po celých technologiích (jednotlivé technologické části ES na jednom listu výkresové dokumentace). Tato forma zpracování je zažitá a v současnosti preferovaná forma pro pracovníky ČEZd. [6]





Obr. 4.5: Grafické znázornění propojení mezi prvky/dokumenty na ČEZd



Obr. 4.6: Datový popis objektu

Při tvorbě této varianty bych kromě struktury z pohledu dokumentace musel vytvořit další strukturu i z pohledu zařízení a technologie. Pro zachování přehlednosti bych také vytvořil novou knihovnu symbolů a každá reálný prvek bych datově popsal a na základě poskytnutých podkladů bych také doplnil jejich katalogové údaje. Mezi výhody varianty C patří:

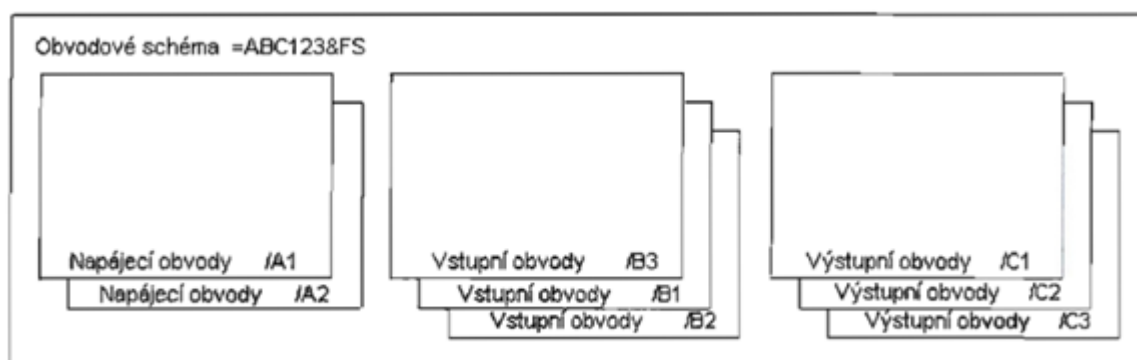
- Digitalizovaná dokumentace: reálné přístroje, kabely, svorkovnice, potenciály.
- Využití online vlastností EB – kompletní konzistence dat propojených i jinou plně digitalizovanou dokumentací (stavebně konstrukční).
- Přehledná definovaná struktura.
- Jednotnost dokumentace: šablony listů – formulářů, dle zvyklostí či požadavků ČEZd, generované listy – montážní a doprovodná dokumentace (sestavy svorkovnic, kabelů, seznamy signálů apod.
- Tvorba rozvaděčů: logicky provázané a umístěné prvky ve skříních, trasování vodičů.
- Velká časová úspora při práci s dokumentací.
- Možnost vytvoření „Smart PDF“ s navigací mezi jednotlivými prvky dokumentace.
- Hromadný tisk dokumentace.
- Zajištění % přehledu o stavu „naplnění“ dané provozní dokumentace k dané ES.
- Řeší riziko duplicí dílčích projektů, které se nachází na ES. [6]

Zpracování této varianty pro celou rozvodnu by mohlo trvat necelý rok práce. Nevýhodou by mohlo být, že všechna zapojení by byla zakreslena na jednom listě o větším formátu, který by nebyl

jednotný pro celou dokumentaci. Velké množství dat na tomto listě by také mohla způsobit zpomalení v grafickém editoru MS Visio, který slouží pro zobrazení schémat v EB. Při prohlížení v elektronické podobě je také často nepřehledný. [6]

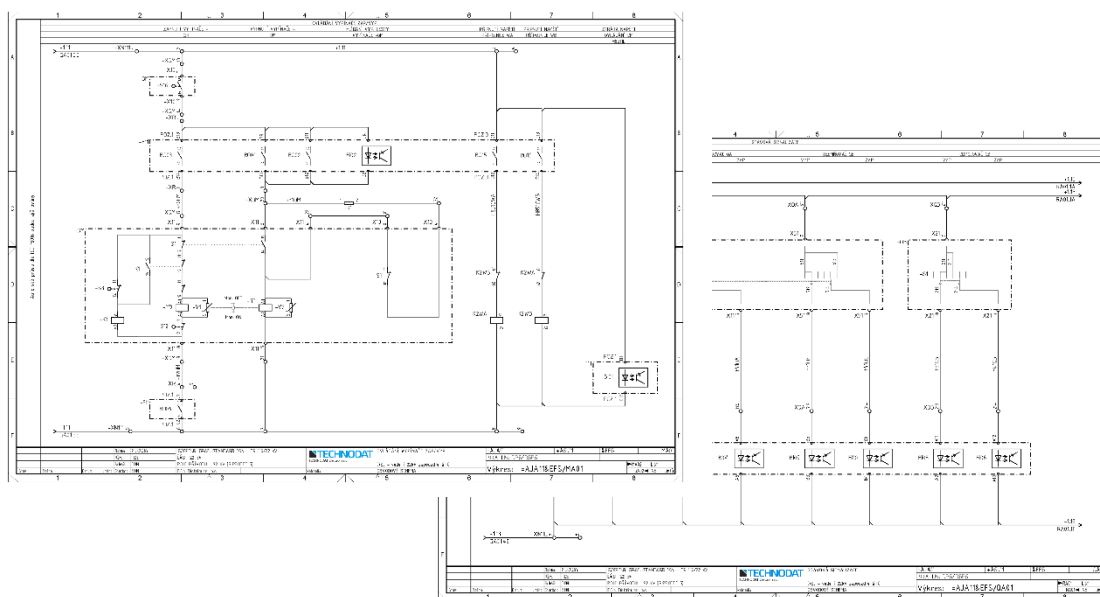
#### 4.3.1.4 Varianta D

Poslední variantu jsem navrhl v souladu s ČSN EN 61082, která by byla zpracována ve formě rozloženého kreslení po jednotlivých funkcích. Jedná se o nejčastěji používanou formou u ostatních distributorů elektrické energie v ČR. Dokumentace by pak odpovídala strukturování dle ČSN EN 61 355, viz. Obr. 4.7. Stejně jako ve variantě C, je varianta D navržena na zpracování v plně digitalizované formě.



Obr. 4.7: Strukturování a řazení PD dle ČSN EN 61355

Na každém výkrese formátu A3 by byla zakreslena daná funkce technologie (např. vypnutí QM, stavová signalizace, měření proudů atd.). Základním rozdílem mezi variantou C a D je tedy forma grafického zkrácení obvodových schémat primární a sekundární techniky ES. Viz příklady schémat z digitalizované dokumentace pole R22 kV. [6]



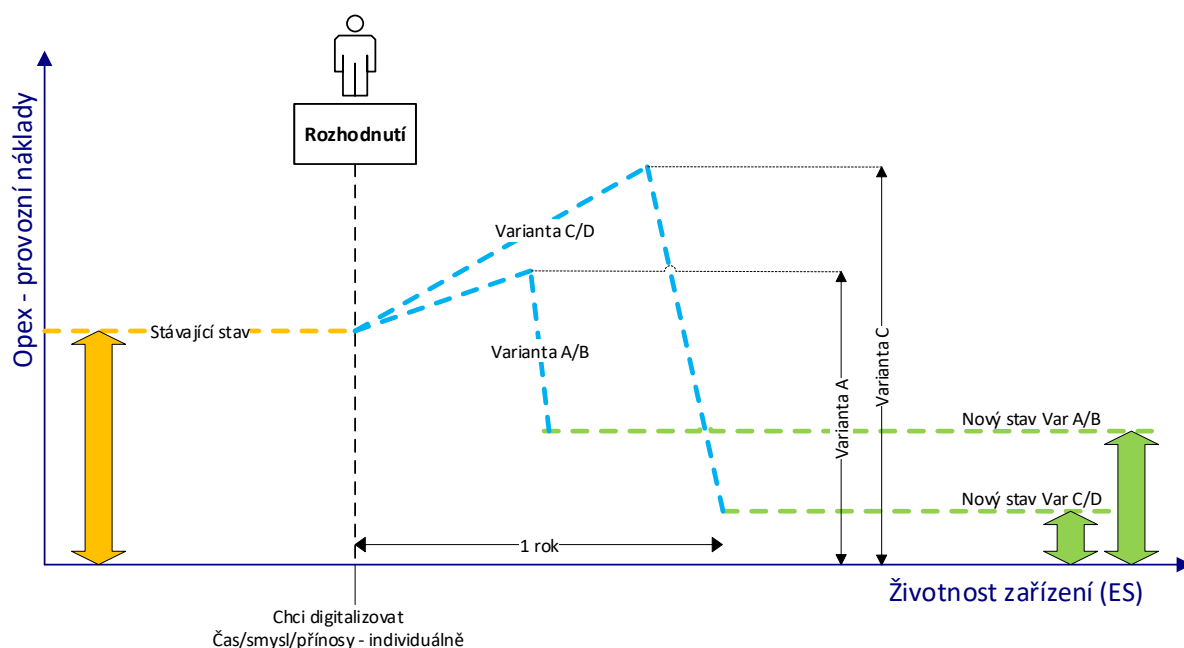
Obr.4.8: Strukturování a řazení PD dle ČSN EN 61355 – schéma zapojení pole R200 kV

Při řešení této varianty bych stejně jako v předchozím případě vytvořil jednotnou strukturu, jak z pohledu dokumentace, tak z pohledu zařízení. Ovšem namísto překreslení jednotlivých listů bych musel navrhnout a vytvořit kompletně novou dokumentaci z pohledu již zmíněných technologických schémat, která by se pro ES společnosti ČEZd stala určitým standardem pro další zpracování a digitalizování ostatních stanic. Tento typ dokumentace je přehledný i v případě prohlížení v digitální podobě a minimalizuje nutnost dokumenty tisknout. Proto je tato varianta, tvořená jednotným formátem, uživatelsky nejschůdnější při práci s EB. Přinášené výhody této varianty jsou podobné jako v předchozím případě:

- Digitalizovaná dokumentace: reálné přístroje, kabely, svorkovnice, potenciály.
- Využití online vlastností EB – kompletní konzistence dat propojených i jinou plně digitalizovanou dokumentací (stavebně konstrukční).
- Přehledná definovaná struktura.
- Jednotnost dokumentace: šablony listů – formulářů, dle zvyklostí či požadavků ČEZd, generované listy – montážní a doprovodná dokumentace (sestavy svorkovnic, kabelů, seznamy signálů apod.
- Tvorba rozvaděčů: logicky provázané a umístěné prvky ve skříních, trasování vodičů.
- Velká časová úspora při práci s dokumentací.
- Možnost vytvoření „Smart PDF“ s navigací mezi jednotlivými prvky dokumentace.
- Hromadný tisk dokumentace.
- Zajištění % přehledu o stavu „naplnění“ dané provozní dokumentace k dané ES.
- Řeší riziko duplicít dílčích projektů, které se nachází na ES. [6]

#### 4.3.2 Projednání o výběry varianty zpracování dokumentace

V rámci analýzy byl také zpracován graf ekonomického pohledu, který popisuje detailnější zobrazení postupu prací na jednotlivých variantách v závislosti na provozních nákladech ES.



Obr. 4.9: Graf ekonomického pohledu na snížení provozních nákladů OPEX

Po několika jednáních a předvedení jednotlivých variant se zástupci ČEZd rozhodli, že pokud se do nového projektu rozhodnou investovat, bude to formou digitalizované dokumentace, tudíž se vyloučila varianta A i B. Proto jsme se dohodli na zpracování nového pilotního projektu, který bude obsahovat plně digitalizovanou dokumentaci vlastní spotřeby VLSP s napojením na jedno pole R22 kV. I přesto, že pracovníci ČEZd jsou zažití s formou papírové dokumentace, která je uvedena ve variantě C, jsme se rozhodli, že pole VLSP v rámci nového pilotního projektu zpracuji ve variantě D. Pro další ukázkou funkcionalit EB, jsme se také dohodli na zpracování jednoho pole R22 kV, které provedu variantou C a které bude datově propojené s polem VLSP. V současné době je projekt ve fázi odevzdání a připomínkování ze strany ČEZd, takže nelze jednoznačně říct, která varianta se více sešla s úspěchem. <sup>[6]</sup>

#### 4.3.3 Zpracování provozní dokumentace

Řešená rozvodna slouží především k napájení stávajících a nově budovaných objektů zákazníků průmyslové zóny a dále pro napájení stávající distribuční sítě ČEZd v dané lokalitě. Jedná se o transformovnu s venkovní rozvodnou 110 kV a zděnou budovou společného provozu BSP obsahující rozvodnu 22 kV. Jsou zde instalovány dva transformátory 110/22 kV o výkonu 50 MVA, které jsou umístěny ve vybudovaných krytých stanicích. V těchto vybudovaných stanicích jsou umístěny i dvě kompenzační tlumivky ARS 4.0 zapojené v uzlu vinutí 22 kV zmíněných transformátorů. V budově BSP jsou prostory 22 kV, rozvaděče vlastní spotřeby napětových hladin AC/DC, rozvaděče ochran, měření a ovládání, akumulátorovna, dvě trafo-kobky pro transformátory VLSP, sklad, denní místnost, chodba, sociální zařízení, šatna a sprcha. Pod prostory rozvody 22 kV je podlaží pro kabelové trasy. <sup>[9]</sup>

Při tvorbě každé dokumentace je nezbytné brát ohled také na vnější vlivy, které působí na stavbu, a proto jsem musel brát v potaz i protokol, který tyto vlivy určuje. Pro správné určení vnějších vlivů je nutné čerpat ze správných podkladů:

- 1) ČSN 33 2000-5-51 ed.3
- 2) PNE 33 0000-2
- 3) PNE 33 0000-2, ed. 4

Na základě popisu je objekt rozřazen do jednotlivých prostor, ve kterých se následně vnější vlivy určují:

- P1 – Velín, vlastní spotřeba: vnitřní prostory s trvalou regulací teploty,
- P2 – Rozvodna VN: vnitřní prostor s možností regulace teploty,
- P3 Transformátory vlastní spotřeby: vnitřní prostor bez regulace teploty,
- P4 – Kabelový prostor uvnitř budovy: vnitřní prostor bez regulace teploty,
- P5 – Venkovní rozvodna R110 kV,
- P6 – Venkovní stanoviště transformátorů 110/22 kV a kompenzačních tlumivek,
- P7 – Akumulátorovna: vnitřní větraný prostor ve zděné budově,
- P8 – Chodby, ostatní provozní místnosti, wc, sprcha: vnitřní větraný prostor ve zděné budově.

Pro tuto práci jsem vycházel z prostoru P1 pro VLSP a P2 pro napojení na pole R22 kV. Vzhledem k tomu, že mým úkolem bylo zpracovat dokumentaci pro vlastní spotřebu, by se mohlo

zdát, že součástí zpracování by se měl být i prostor P3. Do tohoto prostoru jsem neměl přístup a informace o transformátorech VLSP jsem získal pouze na základě ústního sdělení. Prostor VLSP je vyhodnocen jako normální vzhledem k nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Jako opatření ke snížení účinku vnějších vlivů je zde navrženo, aby přístroje, rozvaděče a svítidla plnili minimální ochranu krytím alespoň IP20. Prostor pro rozvodnu VN byl vyhodnocen jako nebezpečný, a jako opatření proti působením vnějších vlivů je zde navrženo, aby přístroje, rozvaděče a svítidla plnili minimální ochranu krytím alespoň IP21.

Prostor vlastní spotřeby je část ES tvořen několika zařízeními, která umožňují provoz hlavních zařízení a plní hlavní funkci stanice. Proto musí být dodávka elektrické energie zajištěna při všech předpokládaných stavech stanice, jinak by mohlo dojít k ohrožení provozu stanice nebo i celé elektrizační soustavy. Při poruchových stavech se vlastní spotřeba stanic zajišťuje v rozsahu odpovídajícím významu elektrické stanice a důležitosti dodávky elektrické energie pro napájenou oblast nebo napájené zařízení. Hlavní části napájené vlastní spotřebou ES jsou:

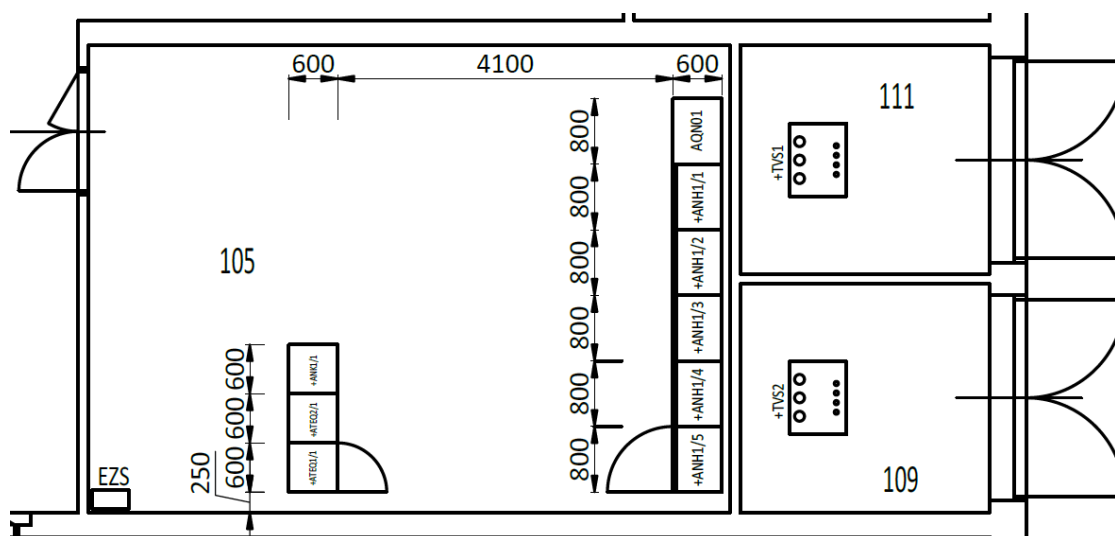
- provozní a montážní osvětlení;
- osvětlení cest uvnitř provozního oplocení;
- hlídací osvětlení;
- nouzové osvětlení pro činnost provozního personálu;
- nouzové osvětlení pro bezpečný pohyb personálu po dobu ztráty napětí na provozním osvětlení;
- zásuvkové obvody;
- obvody ovládací, jistící a návěstní;
- napájení telekomunikačního zařízení;
- pohony kompresorů pro výrobu stlačeného vzduchu;
- poruchové ventilátory pro vyvětrávání prostorů v případě poruchy provázené dýmem a sazemí;
- pohony pro chlazení transformátorů, usměrňovačů a dalších pomocných pohonů;
- pohony pro klimatizaci určených prostorů a pro odvětrávání akumulátorovny. <sup>[8]</sup>

V případě tohoto projektu je pole VLSP napájeno vždy jedním ze dvou transformátorů +TVS1 a +TVS2 (22/04 kV, 250 kVA), které jsou umístěny ve dvou separátních trafo-kobkách. Přívod z druhého transformátoru je vypnut hlavním jističem v příslušném poli ANH. Žádný z transformátorů není z hlediska provozu považován za prioritní. Rozvaděče jsou umístěny v místnosti, určené pro rozvod výše zmíněných okruhů. Jsou zde umístěny všechny rozvaděče plnící potřebné funkce, rozděleny na stejnosměrnou část AC a střídavou DC. Je zde umístěn také rozvaděč obchodního měření.

- 1) Rozvaděče střídavé vlastní spotřeby AC:
  - a. +ANH1/1 – přívodní napájení z +TVS1
  - b. +ANH1/2 – distribuční vývody
  - c. +ANH1/3 – podélná spojka přípojníc
  - d. +ANH1/4 – distribuční vývody
  - e. +ANH1/5 – přívodní napájení z +TVS2
- 2) Rozvaděče stejnosměrné vlastní spotřeby DC:
  - a. +ATEQ1/1 – skříň usměrňovače AC/DC

- b. +ATEQ2/1 – skříň usměrňovače AC/DC
  - c. +ANK1/1 – skříň měniče DC/AC
- 3) Rozvaděč obchodního měření:
- a. +AQN01 <sup>[9]</sup>

V podkladech, se kterými jsem pracoval, byl DWG výkres s půdorysem budovy BSP, kde byly všechny místnosti této budovy a taky téměř všechny rozvaděče špatně označeny, protože transformovna prošla systémem jednotného snažení SJZ, což je interní norma určená ČEZd. Proto jsem musel veškeré značení na tomto výkrese opravit dle skutečného stavu. Veškeré rozvaděče jsem také datově navázal, což se projevilo později v celkovém výsledku při návrhu nového stupně provozní dokumentace.



*Obr. 4.10: Pohľad na miestnosť VLSP a trafo-kobky*

#### 4.3.4 Rozvaděče střídavé vlastní spotřeby AC

V EB jsem založil projekt s názvem rozvodny, kde jsem začal postupně tvořit strukturovanou dokumentaci, pro všechny část ES (např část 22 kV, VLSP, Řídicí systém). Každý rozvaděč jsem strukturovat jak z pohledu dokumentů, tak z pohledu zařízení, kde jsem vytvářel jednotlivé prvky a zařízení, týkající se daného rozvaděče. Dokumenty jsem strukturoval dle ČSN EN 61355-1 ed.2 do jednotlivých výkresů.

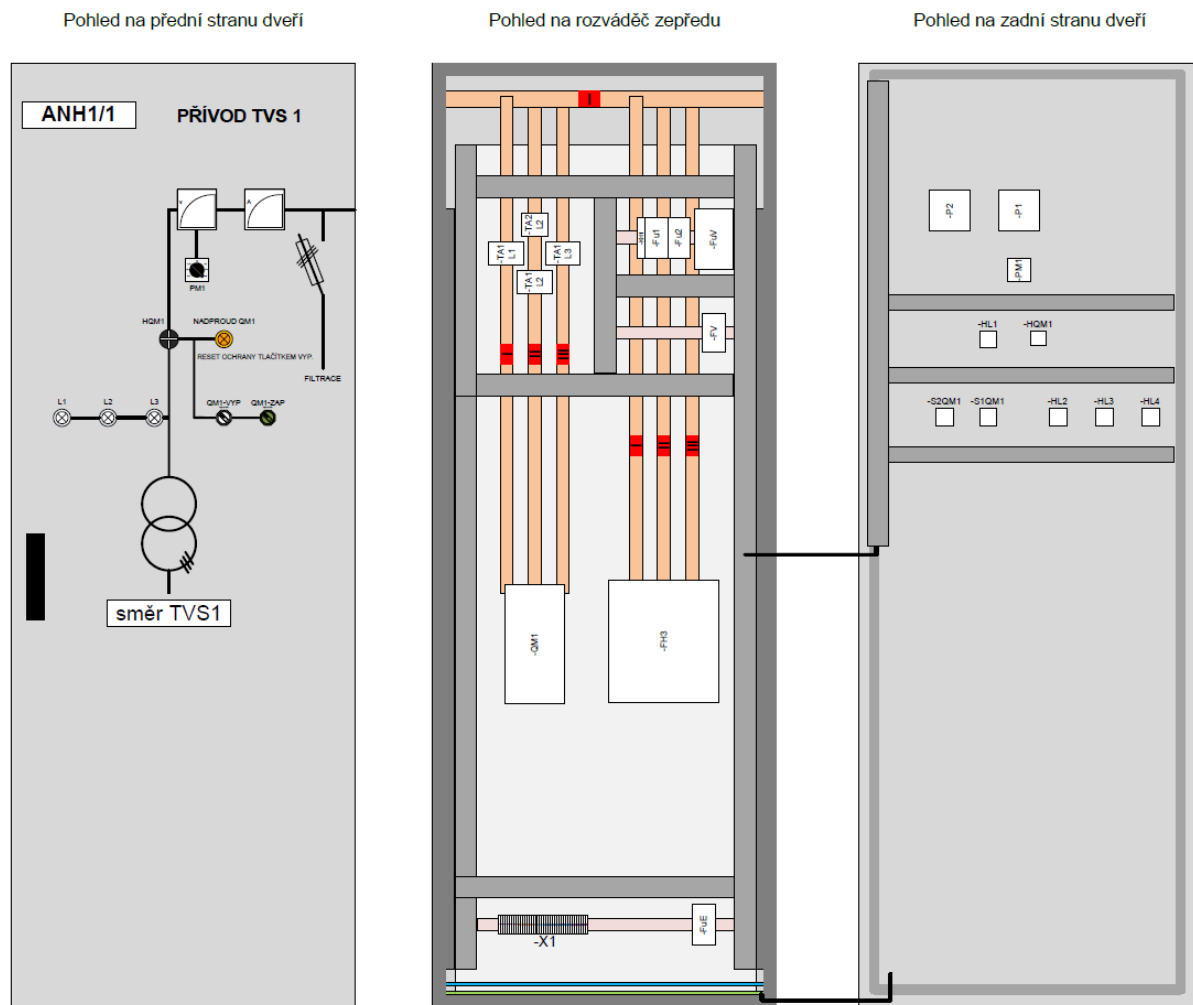
Tab. 9: Příklad označování dokumentů

&EAA	Titulní list
&EAB	Seznam dokumentace
&EFA	Jednopolové schéma
&EFS	Obvodové schéma
&ELU	Schéma rozmístění
&EMA	Sestavy svorkovnic

#### 4.3.4.1 Rozvaděč +ANH1/1

Jako první jsem začal zpracovávat rozvaděč +ANH1/1. Zpracování jsem začal provádět z dodaných podkladů, které byly zpracovány neaktuálně, a to podle varianty C. Celý rozvaděč byl zakreslen na jednom výkrese, ve kterém jsem postupem času našel určité nesrovnalosti s připojenými potenciály vedoucími k jednotlivým přístrojům, a také špatně označené přístroje, což by mohlo v případě nově neznalého technika způsobit problém. Abych mohl projekt zpracovat z pohledu technologických schémat (varianta D), jsem absolvoval několik cest na rozvodnu, kde jsem si podrobně nafotil veškeré rozvaděče, přístroje, návlačky vodičů a svorkovnice.

Rozvaděč jsem rozkreslil do 4 listů, které jsem rozdělil do jednotlivých funkcí. První list řeší napájení přípojníc z +TVS1 a jeho jištění. Z transformátoru do rozvaděče je napájení přivedeno pomocí dvou kabelů, které jsou připojeny přímo na hlavní jistič -QM1. Z jističe dále vedou měděné přípojnice, které prochází vedlejším rozvaděčem +ANH1/2 až do podélné spojky +ANH1/3. Na těchto přípojnících jsou připojeny měřicí transformátory proudu, jejichž naměřené hodnoty odchází do skříně s elektroměry, sloužící jako obchodní měření. Z přípojníc je dále připojena přepět'ová ochrana -FuV a napájení pojistkového odpojovače -FH3. Tento odpojovač slouží jako jištění pro napájení filtračních vozidel, které dle plánovaných intervalů přijíždí filtrovat oleje do hlavních transformátorů. Na další stranu jsem nakreslil zapojení stavové signalizace. Tuto signalizaci zajišťují kontrolky -HL2, -HL3 a -HL4 na dveřích rozvaděče, které signalizují stav napětí na jednotlivých přípojnících. Tento stav kontroluje napět'ové relé, připojeno na výstupních svorkách jističe -QM1. Dále jsem zakreslil zapojení vačkového přepínače -PM1, pomocí kterého lze spínat jednotlivá fázová a sdružená napětí měřená voltmetrem -P1. Na dalších dvou listech je rozkresleno ovládání a signalizace jističe -QM1. Ovládání jističe je řešeno pomocí dvou řídicích systému umístěných v rozvaděči +ANH1/3, které taky posílají stavy o signalizace nadproudu a zdali je jistič -QM1 připojen či nikoli. V poslední řadě jsem pro celý rozvaděč vygeneroval svorkovnici -X1 a vytvořil jednotlivé symboly pro vytvoření grafického seznamu použitých přístrojů (Z-Blatt). Aby seznam použitých přístrojů měl smysl, musel jsem každý prvek v rozvaděči identifikovat, vyhledat konkrétní typ u konkrétního výrobce a v EB doplnit potřebné katalogové údaje, včetně skutečných rozměrů každého prvku, což se promítlo v posledním kroku. Ten spočíval ve vytvoření pohledu dispozice na rozvaděč dle skutečných rozměrů. Všechny prvky v rozvaděči (skříň rozvaděče, montážní desky, lišty i žlaby, přístroje) jsou datově popsány a zakresleny v měřítku 1:10. Tento způsob jsem zvolil proto, že v případě výměny jakéhokoliv přístroje za přístroj s jinými rozměry, se změna v rozvaděči provede automaticky. Uživatel je také schopen nastavit prodrátování rozvaděče a při zmíněných výměnách přístroje je také schopen kontrolovat kolizní stavy v rozvaděči např. Jestli nějaký přístroj není příliš velký a díky tomu by nešly zavřít dveře rozvaděče. Tato funkce patří mezi hlavní funkcionality EB. <sup>[3] [9]</sup>

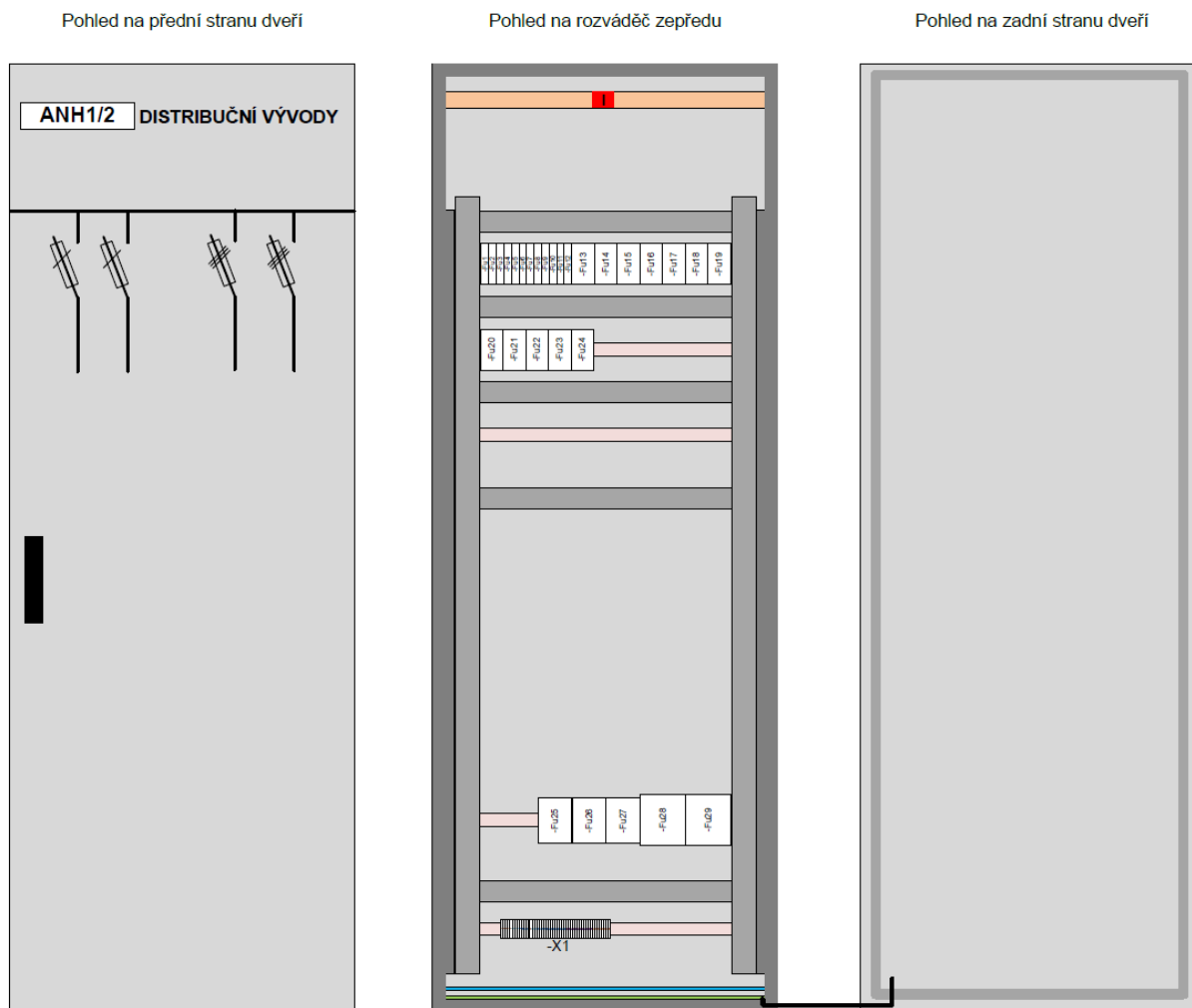


Obr. 4.11: Zpracování dispozice rozvaděče +ANH1/1

#### 4.3.4.2 Rozvaděč +ANH1/2

Druhý rozvaděč se týká distribučních vývodů, což znamená, že jsou odsud vyvedeny AC napájení pro jednotlivé okruhy na ES, jako jsou třeba zásuvkové okruhy, napájení pro měničové skříně, napájení řídicích systémů, veřejné osvětlení atd. Protože skříň obsahuje pouze 1-pólové, 3-pólové pojistkové odpojovače a svorkovnici, ze které jsou odváděny kabely do příslušných míst, nebyla náročná na zpracování a podrobné rozkreslení. Pro rovnoměrné zatížení jednotlivých fází jsou na měděných přípojnicích přišroubovány silové vodiče, které jsou rozvedeny do odpojovačů. Tato část je rozkreslena na 5 listech, kde je průběžné zapojení a vzájemné propojení odpojovačů s následným připojením na příslušnou část svorkovnice -X1 a odvodem do příslušného místa. Dále jsem pokračoval jako v předchozím případě, kdy jsem vytvořil seznam použitých přístrojů, vygenerovanou svorkovnici a rozkreslenou dispozici rozvaděče. <sup>[3] [9]</sup>





Obr. 4.12: Zpracování dispozice rozvaděče +ANH1/2

#### 4.3.4.3 Rozvaděč +ANH1/3

V tomto rozvaděči (podélné spojky) jsou přípojnice sepnuty pomocí pojistkových odpojovačů -Fu12 a -Fu21 3x400 A. Na dveřích této skříně je zobrazena signalizace stavu sepnutí spojky pomocí ukazatele stavu -HQS a signalizace stavu automatického (ZAP/VYP) pomocí signálů -HL1, -HL2. Dále jsou zde ovládací prvky pro nastavení blokování, záskoku a dálkového ovládání polí VLSP. Blokování slouží pro zamezení paralelního chodu obou transformátorů – tento stav je **nepřípustný**. Ovládání rozvaděčů ANH je možné provádět z místa nebo dálkově pomocí přepínače -SSD přes řídicí systém z dispečinku nebo velínu. V případě dálkového ovládání může dispečer:

- dálkově vypnout zapnutý jistič,
- dálkově zapnout zvolený jistič,
- dálkově vypnout nebo zapnout automatický záskok,
- dálkově změnit přívod – pomocí logického automat.

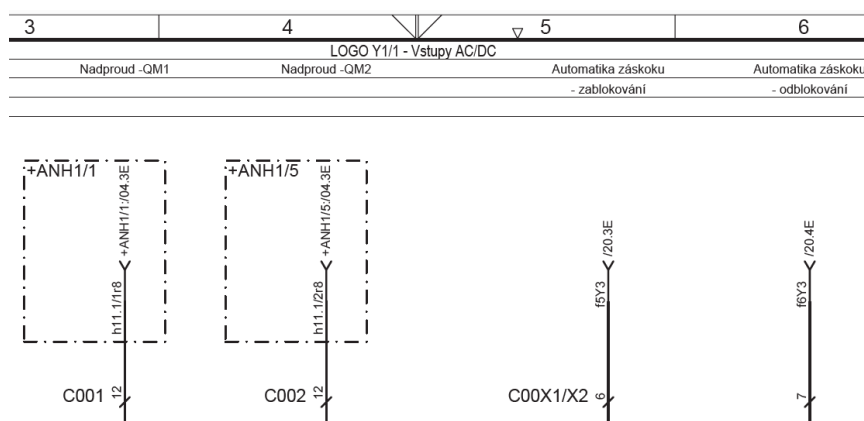
V režimu nastavení spínače pro dálkové ovládání nemůže obsluha zapnout ze skříně přívodní jističe a automatický záskok. Přívodní jističe lze pouze vypnout. V opačném případě, kdy je přepínač -SSD přepnut na místní ovládání, závisí vše na obsluze a dispečer nemůže ovládat vůbec nic. <sup>[3] [9]</sup>

Automatický záskok (dále jen „AZ“) slouží pro případ ztráty napětí jednoho ze dvou transformátorů. Funkce automatického záskoku je realizována pomocí přepínačů -S1Y3 a -S2Y3. V případě, že je AZ vypnut je třeba k zapínání a vypínání jednotlivých rozvaděčů využívat ovládací prvky na skříních +ANH1/1 a +ANH1/5. Naopak pokud je AZ v režimu zapnutí, dochází při ztrátě napětí k zapínání a vypínání jednotlivých jističů automaticky. To zajišťuje logický modul umístěný ve skříně, který zařídí automatické přepnutí z jednoho přívodu na druhý a obráceně. [3] [9]

Jak již bylo zmíněno, tak stav, kdy jsou sepnuty oba přívody, je nepřipustný, a proto je zde elektricky řešeno blokování proti oboustrannému zapnutí. To je zajištěno pomocí přepínače -SBD. [3] [9]

V rozvaděči jsou kromě zmíněných komponentů taky dva automatizační systémy. Jeden je logický modul Siemens LOGO! 230 RC tvořený hlavní jednotkou a třemi doplňujícími moduly (I/O) DM8 230R. Druhý automatizační modulární systém je MCS V/B8, který je sestaven pomocí několika karet (napájení, komunikace, analogové a digitální I/O). [3] [9]

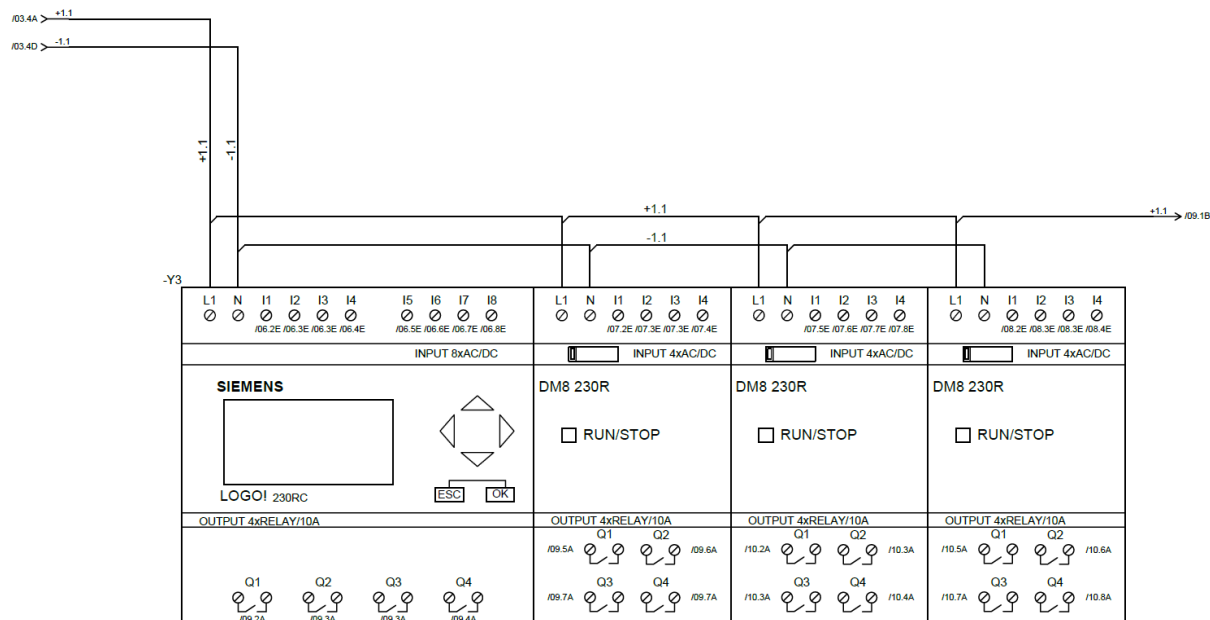
Zpracování tohoto rozvaděče pro mě bylo nejsložitější. Je zde mnoho ovládacích okruhů, které jsem tvořil pouze na základě fotek, průběžně pořizovaných při návštěvách ES. Bylo zde i několik případů, kdy jsem musel společně s provozním technikem odinstalovat lišty kabelových žlabů a hledat konkrétní vodič, protože zpracováváním dokumentace jsem zjistil, že některé návlačky jsou nepřesné a vodič byl ve skutečnosti připojen jinde. Stejně tak bylo nezbytné ověřit správnost všech vstupů a výstupů u automatizačních systémů. Každý vstup/výstup přijímá nebo vysílá signál, který je popsán potenciálem a každý tento potenciál plní určitou funkci (povel) nebo popisuje příslušný stav. Jak lze vidět na obr. 4.12. potenciál h11.1/1r8 signalizuje nadproud jističe -QM1. Dosavadní dokumentace na ES tyto informace neuváděla a technik musel v externích dokumentech vyhledávat funkci potenciálů. Pro přehlednost jsem příslušné stavy doplnil do horního razítka každého výkresu, aby technik využívající dokumentaci ihned věděl, k čemu řešený vstup/výstup slouží. [3] [9]



Obr. 4.13: Popis digitálních vstupů Siemens LOGO!

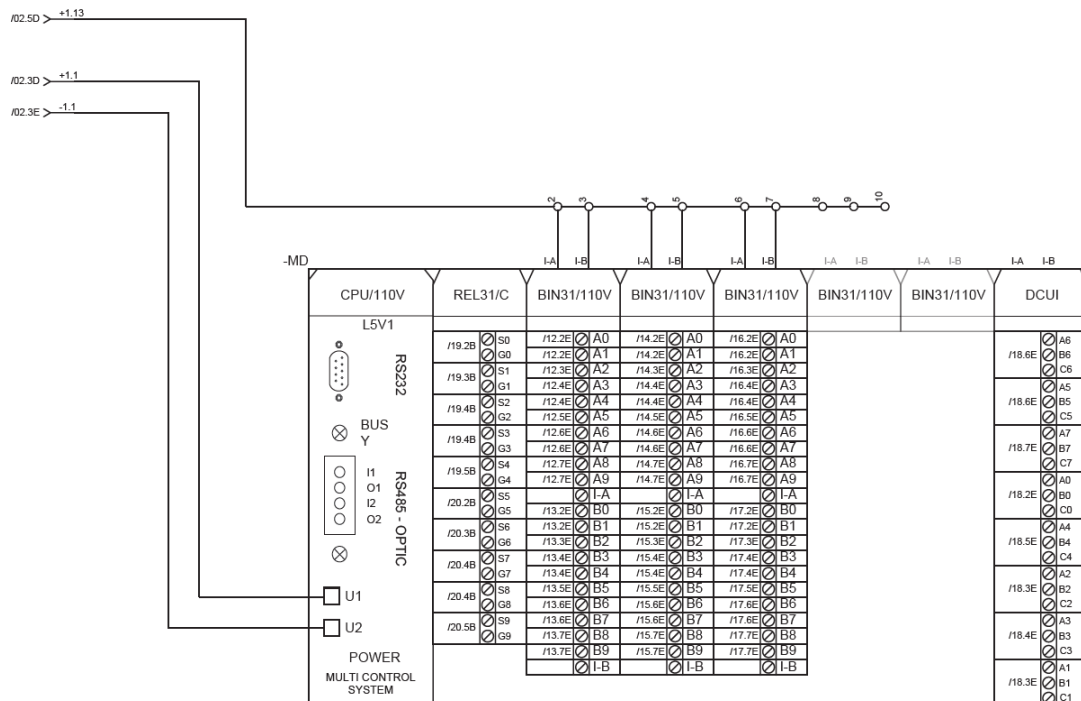
Dokumentaci podélné spojky jsem zakreslil do 20 listů. Na prvním listu je zakresleno silové propojení přípojnic pomocí pojistkových odpojovačů -Fu12 a -Fu21. Druhý list znázorňuje napájení a jištění automatizačních systémů, které znázorňují jističe -Fa1.1 a -Fa1.13. Jistič -Fa1.13 slouží taky pro napájení signalizačních obvodů měničů umístěných v DC rozvaděčích. Tento jistič byl také spojen s dalším problémem, který jsem musel řešit. Ze svorkovnice vedlo také několik vodičů, které byly vypojeny a odizolovány volně v rozvaděči, což představovalo ohrožení bezpečnosti. Po konzultaci s provozním technikem jsme zjistili, že vodiče jsou určeny pro napájení čidel, které signalizují plnou

jímku a septik. Ovšem v současné době jsou tato čidla v poruchovém stavu a pro zabránění poruchových hlášek jsou tyto vodiče odpojeny. Na dalších listech jsem postupně řešil ovládání pro hlídání stavu napětí na přípojnících a ovládání automatického záskoku. Následně jsem zpracoval funkční zapojení vzájemného blokování. Další částí bylo zpracování automatizačních systémů. Jako první jsem zakreslil napájení jednotlivých modulů pro LOGO!. Pro tento list jsem vytvořil symbol, který automaticky vypisuje odkazy na listy, kde jsou jednotlivé vstupy/výstupy zapojeny. [3] [9]

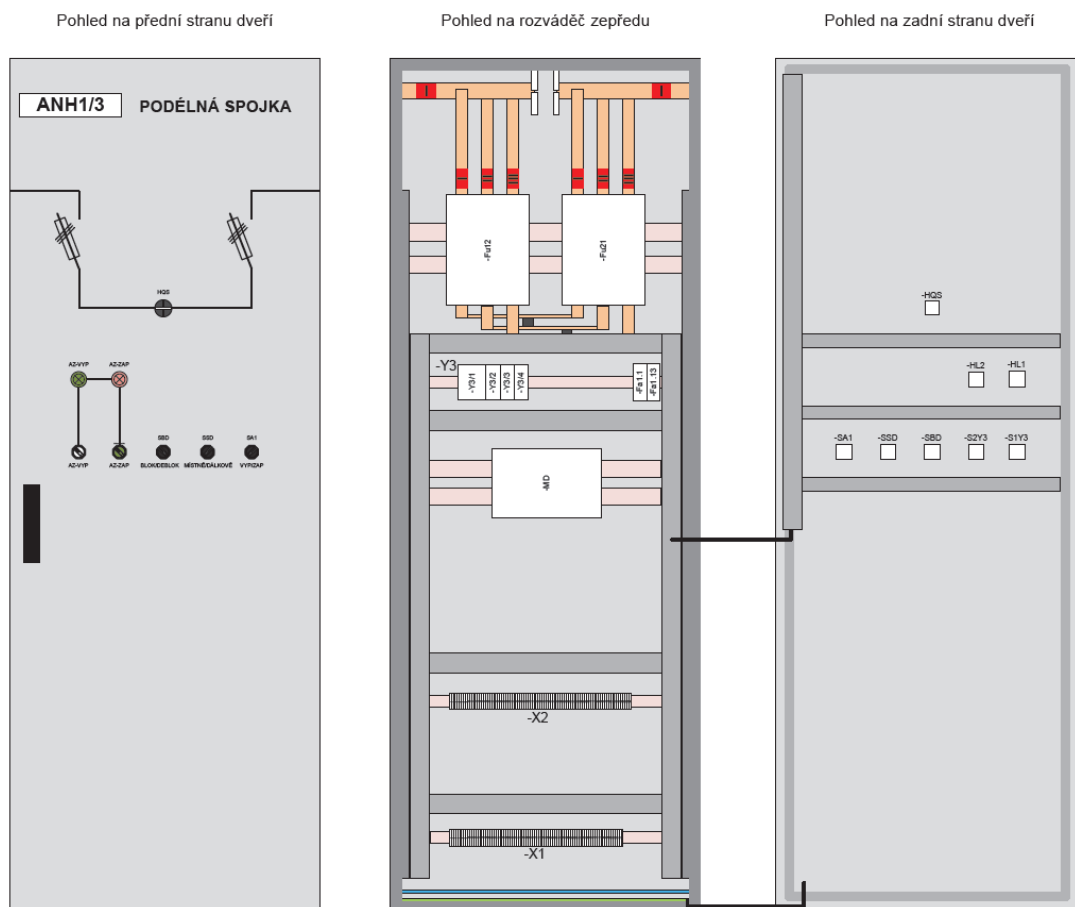


Obr. 4.14: Napájení jednotlivých modulů automatizačního systému LOGO!

Na následujících pěti listech jsou zapojeny jednotlivé vstupy/výstupy. V další části jsem zpracoval druhý automatizační systém MCS. Stejně jako v předchozím případě jsem vytvořil symbol s automatickým vypisováním jednotlivých I/O karet, se zakreslením jejich napájení. Následovalo zapojení jednotlivých digitálních i analogových vstupů/výstupů, které jsem postupně zpracoval na devět listů. Následovalo vypracování seznamu použitých přístrojů a vygenerování zapojených svorkovnic -X1, -X2. V poslední řadě jsem zpracoval datově provázaný pohled na dispoziční rozvaděče. [3] [9]



Obr. 4.15: Napájení jednotlivých karet automatizačního systému MSC



Obr. 4.16: Zpracování dispozice rozvaděče +ANH1/3

#### 4.3.4.4 Rozvaděč +ANH1/4

Stejně jako rozvaděč +ANH1/2 slouží tato skříň pro rozvod distribučních vývodů. Při tvorbě této části jsem tedy postupoval naprosto stejně jako tomu bylo v části 3.3.4.2, takže rozsah a obsah dokumentace je totožný. Rozdíl je pouze v jednotlivých vývodech, které střídavě napájí další části ES. [3] [9]

#### 4.3.4.5 Rozvaděč +ANH1/5

Tato skříň je sestavena stejně jako v případě +ANH1/1. Rozdíl je v označení jističe, který je zde -QM2 nebo v pojistkovém odpojovači -FHDO, který zde nemá připojen žádný vývod. Tento rozvaděč se uvádí do provozu pro napájení VLSP manuálně nebo automaticky v případě, kdy je rozvaděč +ANH1/1 odpojen, nebo v případě vzniklé nenadálé poruchy. Rozsah a obsah dokumentace této skříně je opět stejný jako tomu bylo v části 3.3.4.1. [3] [9]

### 4.3.5 Rozvaděče stejnosměrné vlastní spotřeby DC

Mezi zařízeními vlastní spotřeby jsou zařízení, která musí zůstat pod napětím i při ztrátě napětí na přípojnících rozvaděče VLSP. Jsou to především obvody ovládací, jističí a návěští, telekomunikační zařízení, osvětlení náhradní a nouzové a poruchové ventilátory. [3] [9]

Napájejí se stejnosměrným proudem, odebíraným přes stejnosměrný rozvaděč ze stejnosměrného zdroje, kterým je buď usměrňovač, nebo v nejčastějším případě akumulátorové baterie.

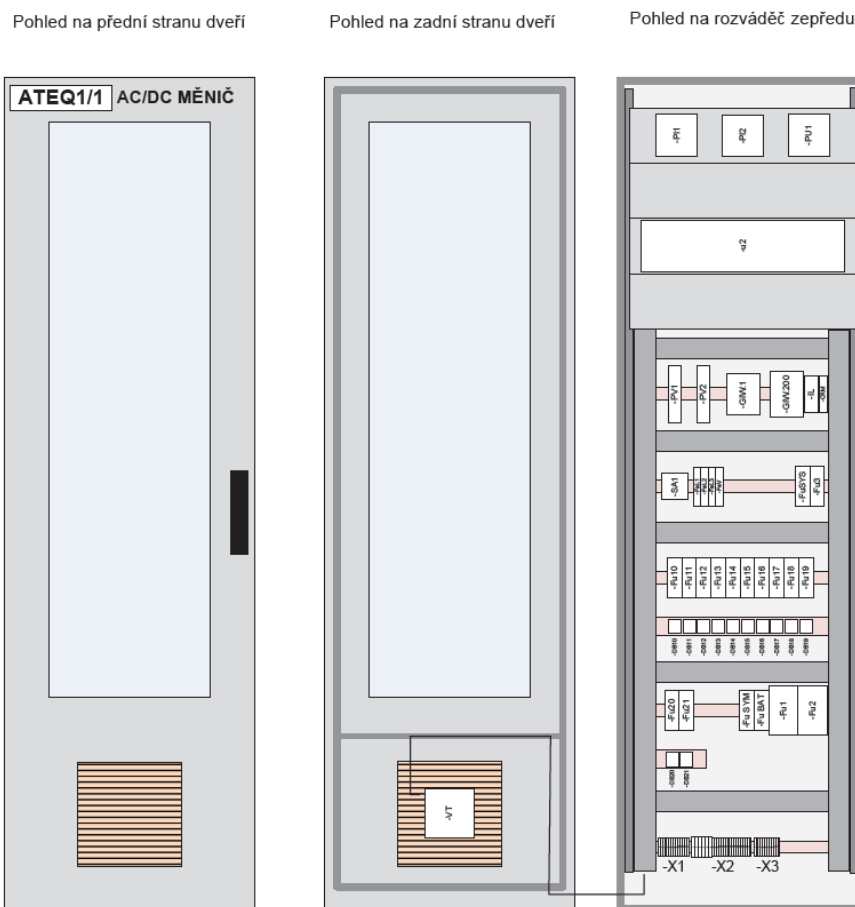
#### 4.3.5.1 Rozvaděč +ATEQ1/1

Hlavními prvky této skříně je usměrňovací blok -GQU1/1 tvořený třemi usměrňovači typu PRS327/110, které jsou zdrojem stejnosměrného napětí o velikosti 110V. Toto napětí je pomocí vývodů rozváděno dále do různých částí ES a slouží jako napájení ovládacích a signalizačních obvodů. Usměrňovače jsou napájeny dvěma 3.f přívody z rozvaděčů střídavé vlastní spotřeby +ANH1/2 a +ANH1/4. Přepínání mezi jednotlivými přívody je řešeno vačkovým spínačem -SA1 a jednotlivé fáze L1, L2 a L3 jsou jištěny 1-pólovými jističi. Pro případ poruchy a ztráty napětí na přívodech je usměrňovací blok napájen akumulátory +GBQ1, které musí být záložním zdrojem napájení minimálně po dobu 10 h. [3] [9]

Při zpracování dokumentace jsem jako první navrhl schéma pro AC napájení usměrňovacího bloku -GQU1/1. Mimo jiné jsem zde zkreslil i zapojení pro ventilaci skříně a také napájení pro hlídací relé -GIW.200, které hlídá stav okruhu baterie. Další list jsem věnoval části DC, kde je zobrazeno výstupní napětí 110V z usměrňovače, které je dále rozváděno k jednotlivým pojistkovým odpojovačům, pro samostatné vývody. Silové vodiče B25+ B26- slouží pro dobíjení baterií +GBQ1 při stavu běžného provozu nebo pro napájení -GQU1/1 při poruchovém stavu. Na dalších dvou výkresech jsem zapojil jednotlivé vývody DC napětí L+ a L-. Jako poslední jsem zpracoval schémata, kde jsou zapojeny přepínací kontakty pro signalizaci poruch týkajících se rozvaděče +ATEQ1/1 a stavu baterie. [3] [9]

Během tvorby dokumentace tohoto rozvaděče, jsem se potýkal s několika problémy. Ve stávající dokumentaci jsem našel několik špatně označených návlaček, které neodpovídaly skutečnému stavu. Další komplikace nastala, když jsem v rozvaděči našel dva různé přístroje, které byly stejně označeny. Proto jsem s provozním technikem musel řešit návrhy na nové označení

přístrojů. Jako další problém bylo označení usměrňovacího bloku, označeno jako -u2. Toto značení však bylo podle starých značících předpisů a proto jsme museli i v tomto případě zvolit nové označení, kterým tedy je -GQU1/1. <sup>[3] [9]</sup>



Obr. 4.17: Zpracování dispozice rozvaděče +ATEQ1/1

#### 4.3.5.2 Rozvaděč +ATEQ2/1

Zpracování rozvaděče +ATEQ2/1 je naprosto stejné jako tomu bylo v předchozí kapitole. Stejně tomu bylo také co se problémů týče. Jediné rozdíly byli v případě označení jednotlivých částí, kdy usměrňovací blok je označen jako -GQU2/1, který je má jako záložní zdroj baterii +GBQ2. <sup>[3] [9]</sup>

#### 4.3.5.3 Rozvaděč +ANK1/1

Pro případ poruchy je kromě zajištění DC obvodů zajistit i obvody AC, k čemuž slouží rozvaděč +ANK1/1. Zdroje zajištěného střídavého napětí 230 V 50 Hz, jsou dva měniče -GSF11 a -GSF12 CONVERTRONIC 110 V DC/230 V AC typu UNV 108-2,5F, které jsou umístěny v horní části této skříně. Měniče jsou napájeny z rozvaděčů +ATEQ1/1 a +ATEQ2/1. Pro případ ztráty tohoto napájení je rozvaděč dále vybaven elektronickým BY-PASSEM typu UNB5-108, napájeným dvěma přívody z rozvaděčů střídavé vlastní spotřeby +ANH1/2 a +ANH1/4. <sup>[3] [9]</sup>

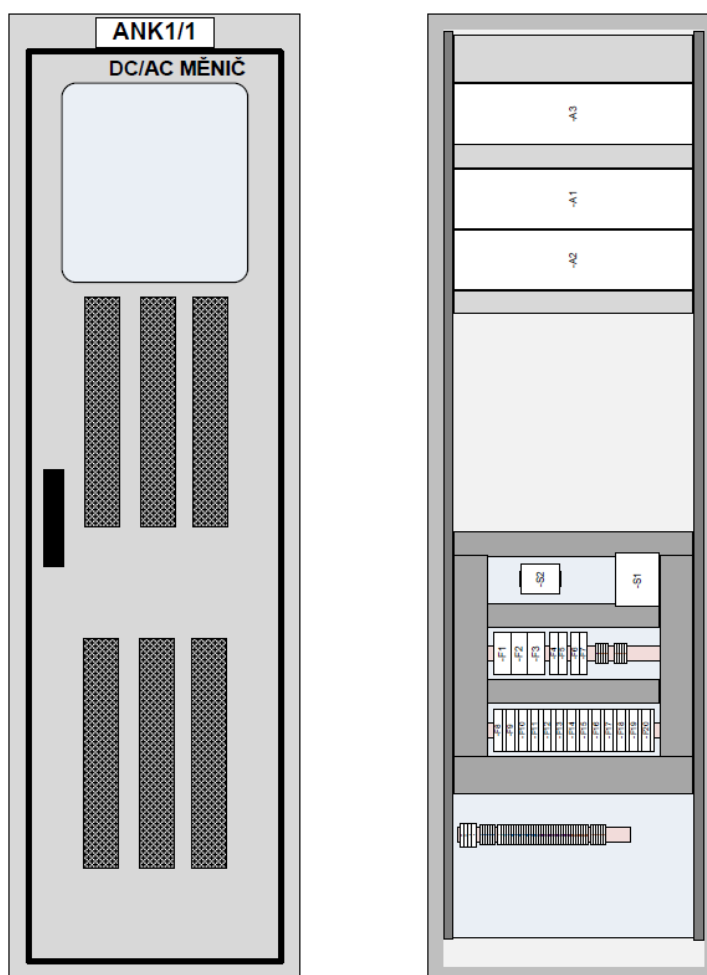
Rozvaděč slouží k napájení následujících důležitých zařízení jednofázovým AC napětím:

- Řídicí systém: -MKD.
- Dálkové ovládání, měření a signalizace.

Dokumentaci jsem zkusil do sedmi listů. Jako v předchozích případech jsem na prvním listě řešil AC napájení jednotlivých prvků, kterými jsou měniče -GSF11, -GSF12 a BY-PASS. Další dva listy jsem zpracoval jako 1f. AC vývody pro napájení požadovaných okruhů. Zde jsem musel pro některé vývody přímo na rozvodně řešit další problém, protože kabely těchto vývodů nebyly řádně označeny. Vyřešení tohoto problému závisí na provozním technikovi, který musí zjistit v seznamu kabelů ES, která označení by mohla být použita. Protože jsou měniče při svém chodu vytváří spoustu tepla, díky kterému se zahřívají, je nutné správně vyřešit ventilaci skříně. Ta je zajištěna pomocí čtyř ventilátorů -M1, -M2, -M3, -M4, umístěných v horní stěně rozvaděče. V další části jsem řešil stejnosměrné napájení měničů a BY-PASSU, které je jištěno třemi 2 - pólovými DC jističi -F1, -F2 a -F3. Na posledním schématu jsem zkusil zapojení stavové poruchové signalizace, která odesílá údaje na vstupy automatizačního systému -MD v rozvaděči +ANH1/3. <sup>[3] [9]</sup>

Pohled na přední stranu dveří

Pohled na rozvaděč zepředu



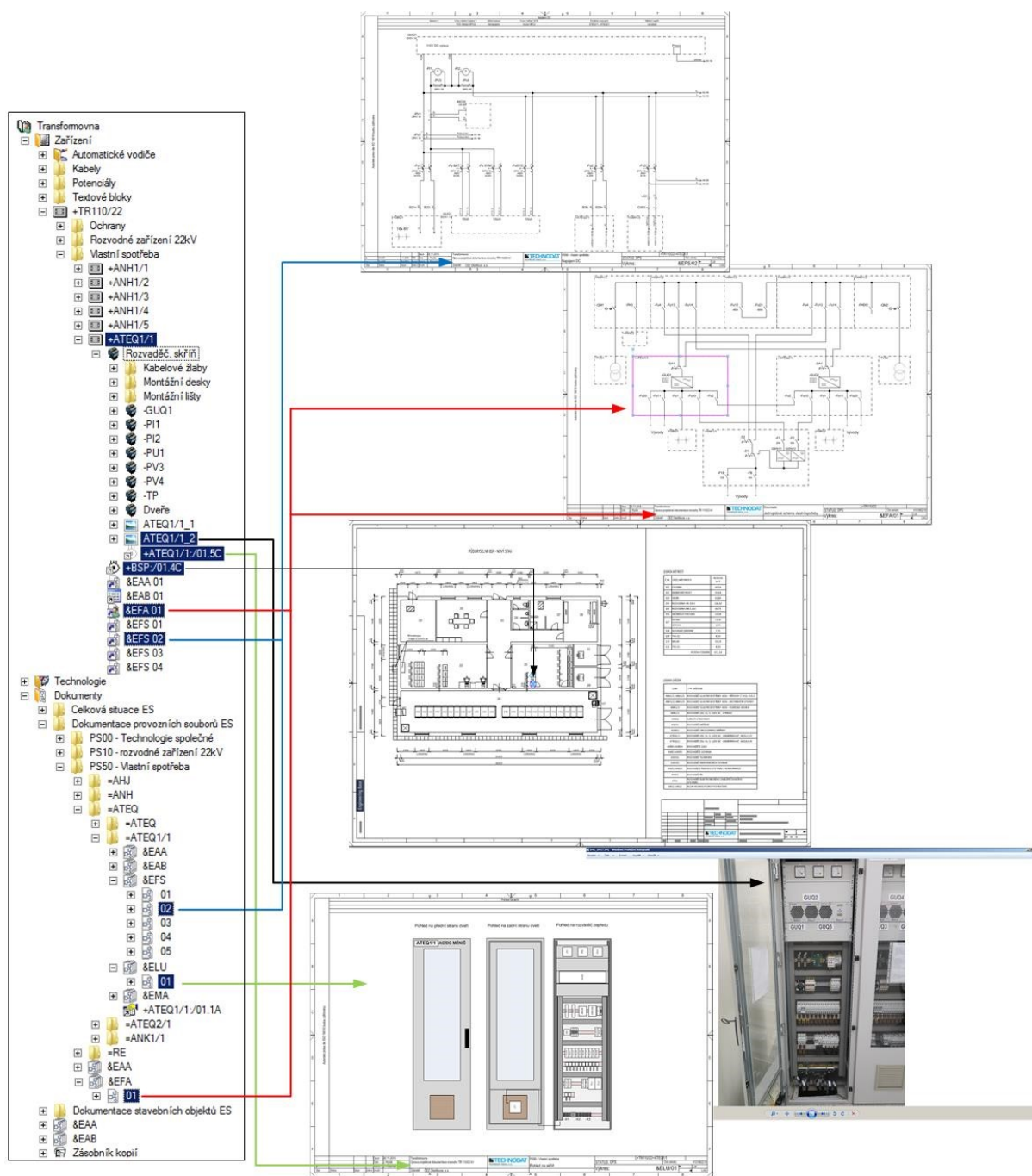
Obr. 4.18: Zpracování dispozice rozvaděče +ANK1/1

#### 4.3.6 Komplexní řešení provázanosti dokumentace

Jak již bylo zmíněno, tak by provozní dokumentace měla usnadnit, a hlavně urychlit práci na ES během provozu, údržby i poruch. Proto je nezbytné, aby projekt obsahoval všechny potřebné typy dokumentů, které by technik pro danou situaci mohl potřebovat. Smyslem tohoto řešení je tedy datově



provázat nejen elektrotechnické dokumenty (jednopolová schémata, obvodová schémata, dispoziční výkresy atd.), ale také dokumenty např. stavební (řezy, půdorysy), fotografie daného zařízení, soubory .doc, .xls, .pdf apod. [3] [9]



*Obr. 4.19: Provázanost provozní dokumentace*



## 5 Současné možnosti projekčních systémů v oblasti energetiky

Elektronické zpracovávání dokumentace je v dnešní době nutností a je třeba využívat správné sw, které jsou pro dodavatele PD v oblasti energetiky nejpřívětivější. Nejvíce používané projekční softwary pro oblast energetiky jsou:

- AutoCAD,
- MicroStation,
- RUPLAN – EVU,
- Engineering Base.

### 5.1 AutoCAD

AutoCAD je jeden z nejznámějších a zároveň nejstarších projekčních CAD softwarů pro projektování a konstruování. V energetice se primárně používá pro zakreslování stavebních objektů, inženýrských sítí, situačních schémat a případné 3D výkresy.

Z pohledu elektrotechnologických schémat je AutoCAD využívám primárně pro projektování 1-pólových schémat ES. Pro projektování obvodových schémat je v dnešní době využíván spíše sporadicky, protože nedokáže pokrýt stále se zvyšující nároky na kvalitu PD a chybí zde patřičné funkce jako je generování reportů svorkovnic, kabelů, maker v podobě kontrol projektu apod. Stejně je tomu i u digitalizování PD, kdy AutoCAD není vyvinut pro tuto formu zpracování.

### 5.2 MicroStation

Systém MicroStation je grafický editor střední třídy určený pro pořízení a editaci kresby v různých oborech technické praxe. Je koncipován jako hierarchie modulů, přičemž jádrem je modul se základními funkcemi pro rovinu i prostorovou grafiku. Nejvíce je používám v oboru geodézie, kde je vyhlášen jako neoficiální standard.

Podobně jako u AutoCADu však tento sw není primárně vyvinut pro zpracování PD a jeho využití v energetice je většinou pro práci se situačními schématy. <sup>[22]</sup>

### 5.3 RUPLAN – EVU

Tento modul je vyvíjen německou společností AUCOTEC a je primárně určen pro firmy zabývající se přenosem a distribucí elektrické energie. Jeho základem je standard určený sdružením IG-EVU, který obsahuje metodiku týkající se dokumentace pro projekty v energetice. Tato metodika původně vychází z německých norem DIN, ale postupem v současnosti je nastavena na normy evropské IEC, ISO, EN, čímž je plně uplatnitelná v podmínkách ČR a SR. Díky tomu je v současné době nejvíce používaný sw pro zpracování PD v oboru energetiky. <sup>[16]</sup>

Cílem tohoto sw je usnadnit dodavatelům PD organizaci a bezchybné sestavování elektrotechnologické dokumentace. Dále pak technikům ES usnadňovat práci při vyhledávání potřebných technických informací. Součástí je i QS – modul, který napomáhá kontrole při předávání dokumentace. <sup>[16]</sup>

Současné možnosti poskytující RUPLAN – EVU:

- Grafické zpracování 1-pólových schémat.
- Digitalizovaná forma obvodových schémat ve standardizovaných formátech.
- Generování reportů svorkovnic.
- Pokročilé reporty.
- Generování dokumentů potřebných pro obor energetiky.
- Podrobné výpisy kabelů, vodičů apod.
- Směrnice pro zpracování PD.
- QS kontrola kvality pro odevzdání projektu. <sup>[16]</sup>

## 5.4 Engineering Base

Engineering Base (EB) je databázová platforma fungující na SQL serveru, na kterém je uložena databáze. Veškeré projekty uloženy v databázi jsou přístupné z více míst a lze je snadno editovat, kopírovat a vzájemně propojovat. Oproti předchozím projekčním sw lze EB díky prostředí Microsoft (dále jen „MS“), hodnotit jako uživatelsky nejprívětivější a nenáročný systém na ovládání. Projekční činnost se zde provádí pomocí grafického editoru MS Visio. Engineering Base je určený všem oborům elektrotechniky. <sup>[16]</sup>

V oblasti distribuce a přenosu elektrické energie lze EB vnímat jako komplexní řešení pro návrh, detailní zpracování a správu PD pro všechny typy ES. Díky svým vlastnostem jej uživatel může využívat pro správu dokumentace nikoli jen z pohledu elektrotechnických schémat, ale také z pohledu celého životního cyklu ES. Stejně jako RUPLAN – EVU, disponuje systémovou podporou pro vytváření PD s ohledem na platné normy ČSN EN 81346 a ČSN EN 61850 a mezinárodně schválené EVU standardy vycházející z evropských norem IEC, ISO, EN. <sup>[16]</sup>

Jak již bylo zmíněno, EB dokáže spravovat dokumentaci celého životního cyklu ES, což např. může znamenat dokumentace ve stádiu plánování projektu, dimenzování, ekonomických nároků, údržby apod.

Možnosti poskytující EB:

- Datově zpracovaná 1-pólová schémata.
- Digitalizovaná forma dokumentace ve standardizovaných formátech, ale také možnost uživatelem definovaných formátů.
- Uživatelsky přívětivé MS prostředí.
- Strukturování projektů dle IEC 81346.
- Sjednocování dílčích projektů.
- Pokročilé připomínkování PD.
- Generování reportů svorkovnic.
- Pokročilé reporty.
- Generování dokumentů potřebných pro obor energetiky.
- Podrobné výpisy kabelů, vodičů apod.
- Tvorba datově zpracovaných dispozic rozvaděčů.
- Automatické prodrátování rozvaděčů. <sup>[16]</sup>

- Kontrola kolizních stavů.
- Funkce pro hromadné kopírování polí ES.
- Funkce pro snadné odevzdávání dokumentace.
- Směrnice pro zpracování PD.
- QS kontrola kvality pro odevzdání projektu.

Z výše uvedeného popisu se zdá být EB nejvhodnějším projekčním sw pro dodavatele PD. Ovšem díky tomu, že EB není na projekčním trhu tak dlouho, jako RUPLAN – EVU, který splňuje požadavky na správu a tvorbu PD a se kterým jsou uživatelé spokojeni, tomu tak není. Engineering Base se v oboru energetiky nejvíce využívá na strukturování, připomínkování a odevzdávání dokumentace. <sup>[16]</sup>

## 6 Zhodnocení a přínosy pilotního projektu

Cílem diplomové práce bylo navrhnout nový stupeň projektové dokumentace, který by řešil stávající problematiku při provozování ES. Díky tomu vznikl návrh na provozní dokumentaci, která by distributorům elektrické energie mohla být přínosná v těchto ohledech:

- Kompletně propojené dokumentace napříč vybranými obory.
- Velká úspora času a snížení provozních nákladů.
- Procentní přehled o naplnění dokumentace ES z hlediska požadavků energetik.
- Přehledná a jasná archivace.
- Snadnější práce při aktualizaci skutečného stavu ES.

Jako pilotní projekt jsem zpracoval digitalizovanou dokumentaci podle skutečného stavu transformovny 110/22 kV společnosti ČEZ Distribuce, a.s. v databázové platformě Engineering Base. Během zpracování dokumentace jsem narazil na několik nesrovnalostí ve stávající dokumentaci na ES, která se lišila od skutečného stavu. Ve výsledku jsem všechny chyby odstranil, což bylo jedním z prvních přínosů tohoto projektu. Do projektu jsem se snažil poukázat na všechny výhody, které by EB mohl přinést a zároveň poukázat na to, jak lze v dnešní době databázově spravovat PD. Díky tomu by u ČEZd mohl vzniknout nový standard pro tvorbu projektové dokumentace, za použití databázových CAD/CAE systémů, což by v budoucnu mohlo přinést snížení provozních nákladů, velkou úsporu času při práci s PD, přehled o kompletnosti dokumentace nebo jednodušší komunikaci s projektantem. V současné době je projekt ve stavu připomínkování, a tak nejsem schopen objektivně posoudit, zda byla moje práce z pohledu zákazníka úspěšná.

Dalším velkým přínosem je pro mě celkové zpracování tohoto projektu, díky kterému jsem nabyl plno zkušeností, jak s formou kreslení dokumentace, tak zdokonalováním svých znalostí, které spadají do oboru energetiky.

Pokrok ve vývoji projekčních softwarů jde stále dopředu a díky možnosti dnešní výpočetní techniky, chce Evropská unie klást důraz na výslednou hodnotu dokumentace, nikoli na její nejnížší cenu. Budoucím přínosem pro tvorbu projektové dokumentace by mohl být informační systém budov BIM (*Building Information Modeling*). Je to nový moderní, inteligentní proces pro tvorbu a správu projektů založený na digitálním modelu. Dokáže usnadnit výměnu informací mezi jednotlivými projekčními nástroji v rámci procesu návrhu projektu, výstavby a používání budovy. Díky němu lze spravovat různé typy projektů rychleji, ekonomičtěji a s nižším dopadem na životní prostředí.

Vzhledem k dnešním možnostem technologií a celkové náročnosti při tvorbě PD se tento pokrok jeví jako velmi užitečný a důležitý pro efektivní využití práce, časových úspor, omezení vzniku chyb a pro celkovou kontrolou nad projektem. <sup>[23]</sup>

## Literatura

- [1] ČEPS. [online]. 2019 [cit. 2019-02-06]  
Dostupné z: <https://ceps.cz/cs/o-spolecnosti>
- [2] ČEZd ME 0048r00 – *Systém jednotného značení ČEZ Distribuce a.s.* Podniková norma ČEZd, 2018. [cit. 2019-04-10]
- [3] ČSN EN 60445 ed.5 – *Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk – stroj, značení a identifikaci – Identifikace svorek, předmětů, konců vodičů a vodičů.* Praha: ÚNMZ. [cit. 2019-04-12]
- [4] ECZR-TP-177 – *Správa dokumentace sekundární technologie elektrických stanic s využitím systému CAD/CAE.* Podniková norma E.ON, 2016. [cit. 2019-04-15]
- [5] Elektrizační soustava. [online]. 2016 [cit. 2019-02-5]  
Dostupné z: [https://www.powerwiki.cz/attach/UEL/UEL\\_pr3EN\\_ES.pdf](https://www.powerwiki.cz/attach/UEL/UEL_pr3EN_ES.pdf)
- [6] FRITSCHKA, J. – MLČÁK, A. – HYRÁK, J. a kol. *Analýza stavu zpracování a aktualizace provozní dokumentace ES společnosti ČEZ distribuce, a.s. Zlín*, 2018. [cit. 2019-03-18]
- [7] JANÍČEK, František. *Elektrické stanice.* Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2012. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-3678-7. [cit. 2019-02-5]
- [8] KRYCHTÁLEK, Zbyněk a Josef PAUZA. *Elektrické stanice.* Praha: STNL, 1989. ISBN 80-03-00075-0. [cit. 2019-02-5]
- [9] MPP R110/22 kV zpracované stanice – *Místní provozní předpisy.* Ostrava, 2017. [cit. 2019-02-5]
- [10] Osobní komunikace, Podklady. [elektronická pošta] Ing. Josef Fritschka
- [11] PAUZA, Josef. *Silnoprúdová rozvodná zařízení v průmyslu.* Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1974. Praktické elektrotechnické příručky, sv. 70. [cit. 2019-02-8]
- [12] PN JA 912– *Dokumentace dle technologie CAD/CAE a procesu jejího odevzdání.* Podniková norma PRE a PREdi. Praha, 2018. [cit. 2019-04-16]
- [13] PNE 18 4300 ed.4 – *Standardizované informační soubory dispečerských řídicích systémů.* Praha: ÚJV Řež, a.s. [cit. 2019-03-23]
- [14] PNE 18 4311 ed.2 – *Zásady jednotného grafického, písemného a barevného kódování elektrických prvků a zařízení elektrizační soustavy.* Praha: ÚJV Řež, a.s., 2009. [cit. 2019-04-15]

- [15] Přenosová soustava elektrické energie. [online]. 2016 [cit. 2019-02-5]  
Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/13676-prenosova-soustava-elektricke-energie>
- [16] Technodat. [online]. [cit. 2017-4-20].  
Dostupné z: <https://www.technodat.cz/>
- [17] Transformátory. [online]. 2005 [cit. 2019-02-10]  
Dostupné z: [http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/BC\\_FBI/Prednasky/Trafa\\_bc.pdf](http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/Trafa_bc.pdf)
- [18] tzbinfo. [online]. 2019 [cit. 2019-02-17]  
Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/211-jak-zjistim-ke-ktere-distribucni-soustave-elektriny-patrim-a-mohu-si-zvolit-jinou>
- [19] Výroba a rozvod elektrické energie [online]. 2005 [cit. 2019-02-22]  
Dostupné z:  
[http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/vyroba\\_a\\_rozvod\\_sylab.pdf](http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/vyroba_a_rozvod_sylab.pdf)
- [20] Výroba a spotřeba elektřiny v ČR [online]. 2017 [cit. 2019-02-15]  
Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/17553-vyroba-a-spotreba-elektriny-v-cr-v-roce-2017>
- [21] Železniční napájecí soustava [online]. 2018 [cit. 2019-02-08]  
Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C4%8Dn%C3%AD\\_nap%C3%A1jec%C3%AD\\_soustava](https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C4%8Dn%C3%AD_nap%C3%A1jec%C3%AD_soustava)
- [22] BARTONĚK, Dalibor. BERKOVÁ Alena. *Microstation* [online]. 2004 [cit. 2019-04-26]  
Dostupné z: [http://fast.darmy.net/opory%20-%20I%20Bc/GE05-Microstation--M02-Tvorba\\_slozenych\\_prvku\\_a\\_uprava\\_kresby.pdf](http://fast.darmy.net/opory%20-%20I%20Bc/GE05-Microstation--M02-Tvorba_slozenych_prvku_a_uprava_kresby.pdf)
- [23] BIMFO. [online]. 2019 [cit. 2019-02-17]  
Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Co-je-BIM.aspx>

## Přílohy

### Seznam příloh:

Příloha A: Dokumentace pilotního projektu VLSP – Transformovny TR 110/22 (Část dokumentace ve formátu A3, je uložena v kapse na přílohy, počet stran: 85).

*V příloze B je uvedena pouze část dokumentace pro názornou ukázkou. Kompletní dokumentace je uložena v příloženém CD.*

Příloha B: Zobrazení provázanosti provozní dokumentace (formát A3, počet stran: 1).